

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Franjo Novosel**

Zagreb, 2018 godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentori:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Student:

Franjo Novosel

Zagreb, 2018 godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru prof.dr.sc. Igoru Balenu na pomoći i podršci prilikom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem svojoj obitelji na neizmjernoj potpori tijekom studiranja.

Franjo Novosel



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Franjo Novosel**

Mat. br.: 0035190489

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

**Projekt sustava grijanja, hlađenja i ventilacije stambeno-poslovne  
zgrade**

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

**Design of heating, cooling and ventilation system for residential and  
commercial building**

Opis zadatka:

U ovom radu, potrebno je projektirati sustav grijanja, hlađenja i ventilacije stambeno-poslovne zgrade ukupne korisne površine 600 m<sup>2</sup>, prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Zgrada ima pet etaža (Po+Pr+1K+2K+3K). Za izvor topline koristiti dizalicu topline voda-voda. Sustav grijanja predvidjeti s temperaturnim režimom 38/32 °C, a sustav hlađenja predvidjeti s temperaturnim režimom 14/18 °C. Predvidjeti sustave prisilne ventilacije zgrade s povratom toplinske energije iz istrošenog zraka individualno za svaku vlasničku cjelinu. Pripremu potrošne tople vode (PTV) predvidjeti u izvedbi akumulacijskog sustava sa solarnim kolektorima. Za raspodjelu troškova po vlasničkim cjelinama, predvidjeti potrebna mjerenja tokova energije i medija. Za smještaj opreme koristiti strojarnicu u podrumu. Zgrada se nalazi na području grada Zagreba.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- elektro-priključak 230/400V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:

- toplinsku bilancu zgrade za zimu i za ljeto,
- toplinsku i količinsku bilancu razvoda vode sustava grijanja, hlađenja i pripreme PTV,
- toplinsku i količinsku bilancu sustava ventilacije,
- hidraulički proračun cijevne mreže ogrjevnog i rashladnog medija,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije odabranog sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu regulacije,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

16. studenog 2017.

18. siječnja 2018.

24., 25. i 26. siječnja 2018.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	VI
POPIS OZNAKA .....	VII
SAŽETAK.....	X
SUMMARY .....	XI
1. UVOD.....	1
1.1. Podjela sustava grijanja i hlađenja .....	4
1.2. Izvori ogrjevnog i rashladnog učina.....	6
1.3. Ogrjevna tijela.....	10
1.4. Sustavi zagrijavanja potrošne tople vode (PTV).....	14
1.5. Ventilacija .....	16
2. OPIS ZGRADE .....	18
2.1. Postupak projektiranja sustava hlađenja, grijanja i ventilacije .....	26
3. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE ZA ZIMSKO I LJETNO RAZDOBLJE.....	27
3.1. Proračun projektnih toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831 .....	28
3.1.1. Postupak proračuna .....	28
3.1.2. Primjer proračuna za jednu prostoriju.....	36
3.1.3. Prikaz rezultata proračuna projektnih toplinskih gubitaka .....	37
3.2. Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema VDI 2078 .....	38
3.2.1. Postupak proračuna .....	39
3.2.2. Prikaz rezultata proračuna projektnog toplinskog opterećenja .....	43
4. DIMENZIONIRANJE I ODABIR PODNOG GRIJANJA I HLAĐENJA.....	46
4.1. Rezultati proračuna podnog grijanja i podnog hlađenja .....	50
5. DIMENZIONIRANJE I ODABIR IZVORA OGRJEVNOG I RASHLADNOG UČINA.....	56
5.1. Dimenzioniranje i odabir dizalice topline i izmjenjivačkog modula .....	56
5.2. Dimenzioniranje i odabir međuspremnika ogrjevnog/rashladnog vode.....	60
6. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SOLARNOG SUSTAVA ZAGRIJAVANJA PTV-A61	
6.1. Dimenzioniranje i odabir spremnika PTV-a i solarnih kolektora .....	61
6.2. Hidraulički proračun solarnog cjevovoda i odabir pumpe.....	65
6.3. Odabir ekspanzijske posude solarnog kruga.....	67
7. HIDRAULIČKI PRORAČUN CJEVOVODA I ODABIR PUMPE .....	68
7.1. Krug podzemne vode .....	69
7.2. Međukrug .....	71
7.3. Krug zgrade.....	72
7.3.1. Primarni krug .....	72

7.3.2. Sekundarni krug .....	74
8. DIMENZIONIRANJE I ODABIR EKSPANZIJSKOG SUSTAVA .....	81
9. DIMENZIONIRANJE I ODABIR VENTILACIJSKOG SUSTAVA .....	84
10. TEHNIČKI OPIS TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA I REGULACIJE .....	89
10.1. Grijanje i hlađenje .....	89
10.2. Priprema PTV-a .....	93
10.3. Ventilacija .....	94
10.4. Mjerenje potrošnje energije i vode.....	95
11. ZAKLJUČAK.....	96
LITERATURA.....	97
PRILOZI.....	98

## POPIS SLIKA

Slika 1.	PPD indeks kao funkcija PMV indeksa .....	2
Slika 2.	Struktura potrošnje energije u zgradarstvu.....	3
Slika 3.	Shematski prikaz kompresijske dizalice topline .....	6
Slika 4.	Indirektna izvedba dizalice topline voda-voda.....	9
Slika 5.	Temperaturni profil po visni prostorije za različite vrste ogrjevnih tijela.....	11
Slika 6.	Shematski prikaz suhe ugradnje podnog grijanja.....	12
Slika 7.	Shematski prikaz mokre ugradnje podnog grijanja .....	12
Slika 8.	Pužna petlja bez rubne zone, jednostruki meandar bez rubne zone, dvostruki meandar bez rubne zone .....	13
Slika 9.	Sustav zagrijavanja PTV-a sa solarnim kolektorima uz podršku dodatnog izvora topline .....	15
Slika 10.	Tlocrt prizemlja .....	20
Slika 11.	Tlocrt 1. kata.....	21
Slika 12.	Južno pročelje zgrade .....	22
Slika 13.	Sjeverno pročelje zgrade .....	23
Slika 14.	Istočno pročelje zgrade.....	24
Slika 15.	Zapadno pročelje zgrade .....	25
Slika 16.	Dijagram tijeka proračuna prema normi HRN EN 12831 .....	28
Slika 17.	UPONOR sustav podnog grijanja u mokroj izvedbi .....	46
Slika 18.	UPONOR PE-Xa cijev .....	47
Slika 19.	UPONOR Tacker ploča i pričvrsnica].....	48
Slika 20.	UPONOR modularni razdjelnik/sabirnik i montažni set.....	49
Slika 21.	UPONOR UFH podžbukni razdjelni ormarić i tablica za odabir dimenzija ormarića u ovisnosti o broju krugova podnog grijanja.....	49
Slika 22.	Shematski spoj dizalice topline i izmjenjivačkog modula .....	57
Slika 23.	Dizalica topline flexoTHERM VWF157/4 .....	58
Slika 24.	Izmjenjivački modul fluoCOLLECT VWW19/4 SI .....	58
Slika 25.	Međuspremnik allSTOR VPS300/3 .....	60
Slika 26.	Prikaz potrebne topline za PTV i isporučene sunčeve energije u sustav PTV-a po mjesecima .....	64
Slika 27.	Preostala visina dizanja pume solarne cijevne grupe u ovisnosti o protoku .....	66
Slika 28.	Solarna cijevna grupa Vaillant, tip auroFLOW VMS 70.....	66
Slika 29.	Preporučeni volumeni ekspanzijskih posuda ovisno o duljini cjevovoda i broju kolektora .....	67
Slika 30.	Ekspanzijska posuda Elbi , tip DS-35, volumen 35 l .....	67
Slika 31.	Prikaz radne točke potopne pumpe Grundfos, tip SP 5A-4 .....	70
Slika 32.	Potopna pumpa Grundfos, tip SP 5A-4 .....	71
Slika 33.	Snaga rada pumpe međukruga u % u ovisnosti i preostaloj visini .....	72
Slika 34.	Snaga rada pumpe primarnog kruga u % u ovisnosti o preostaloj visini .....	74
Slika 35.	Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe poslovnog prostora Grundfos, tip ALPHA2 25-40 180 .....	77
Slika 36.	Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe stana 1 Grundfos, tip ALPHA2 25-40 180 .....	78

Slika 37.	Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe stana 2 Grundfos, tip ALPHA2 25-50 180 .....	79
Slika 38.	Cirkulacijska pumpa Grundfos, tip ALPHA2 25-50 180.....	80
Slika 39.	Ekspanzijska posuda IMI PNEUMATEX , tip MN-80 , volumen 80 l.....	83
Slika 40.	Ventilacijski uređaj LUNOS, tip TF160 .....	86
Slika 41.	Odsisni ventilator LUNOS, tip Silvento 3AP .....	87



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Referentne vrijednost PMV indeksa prema ASHRAE ljestvici .....	2
Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline vanjske ovojnice zgrade .....	19
Tablica 3. Vanjska projektna temperatura, srednja godišnja vanjska temperatura .....	29
Tablica 4. Unutarnje projektne temperature .....	29
Tablica 5. Prikaz proračuna za reprezentativnu prostoriju .....	36
Tablica 6. Rezultati proračuna projektnih toplinskih gubitaka .....	37
Tablica 7. Rezultati proračuna projektnih toplinskih opterećenja prostorija .....	43
Tablica 8. Rezultati proračuna projektnog toplinskog opterećenja zgrade .....	44
Tablica 9. Rezultati proračuna podnog grijanja/hlađenja po prostorijama .....	52
Tablica 10. Korigirani instalirani ogrjevn i rashladni učini po prostorijama .....	54
Tablica 11. Tehničke karakteristike dizalice topline flexoTHERM VWF 157/4.....	59
Tablica 12. Tehničke karakteristike međuspremnik allSTOR VPS300/3 .....	60
Tablica 13. Tehničke karakteristike bivalentnog spremnika PTV-a Horvatić, DUOSTAR R2 750.....	62
Tablica 14. Tehničke karakteristike solarnih kolektora Vaillant, tip VFK 145 H .....	63
Tablica 15. Rezultati proračuna prema normi HRN EN 15316-4-3 na godišnjoj razini.....	64
Tablica 16. Proračun pada tlaka u solarnom krugu .....	65
Tablica 17. Preporučene brzine strujanja vode u cijevima.....	68
Tablica 18. Proračun pada tlaka u krugu podzemne vode.....	69
Tablica 19. Proračun pada tlaka u međukrugu .....	71
Tablica 20. Proračun pada tlaka u primarnom krugu - prema spremniku PTV-a .....	73
Tablica 21. Proračun pada tlaka u primarnom krugu - prema međuspremniku .....	73
Tablica 22. Projektni protoci po krugovima potrošača .....	75
Tablica 23. Proračun pada tlaka u krugu potrošača - poslovni prostor za režim pasivnog hlađenja .....	75
Tablica 24. Proračun pada tlaka u krugu potrošača - stan 1 za režim pasivnog hlađenja .....	76
Tablica 25. Proračun pada tlaka u krugu potrošača - stan 2 za režim pasivnog hlađenja .....	76
Tablica 26. Ulazni podaci i rezultati proračuna ekspanzijske posude.....	82
Tablica 27. Proračun potrebnih volumnih protoka po prostorijama .....	84
Tablica 28. Tehničke karakteristike LUNOS, tip TF160 .....	86
Tablica 29. Tehničke karakteristike LUNOS, tip Silvento 3AP .....	87
Tablica 30. Pad tlaka u ventilacijskim vertikalama.....	87
Tablica 31. Broj instaliranih ventilacijskih uređaja i ventilatora po prostorijama .....	88

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

- 1-2018 Tlocrt podruma – strojarnica
- 2-2018 Tlocrt prizemlja – podno grijanja/hlađenje
- 3-2018 Tlocrt 1. kata – podno grijanja/hlađenje
- 4-2018 Tlocrt 2. kata – podno grijanja/hlađenje
- 5-2018 Tlocrt 3. kata – podno grijanja/hlađenje
- 6-2018 Tlocrt krovnih ploha – solarni kolektori
- 7-2018 Funkcionalna shema spajanja i regulacije
- 8-2018 Shema usponskih vodova
- 9-2018 Tlocrt prizemlja – ventilacija
- 10-2018 Tlocrt 1. kata – ventilacija
- 11-2018 Tlocrt 2. kata – ventilacija
- 12-2018 Tlocrt 3. kata – ventilacija

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
<i>Latinične oznake</i>		
$A_i$	$m^2$	površina grijane prostorije
$A_k$	$m^2$	površina plohe kroz koju prolazi toplina
$A_{pod}$	$m^2$	površina petlje podnog grijanja/hlađenja
$b_u$	—	faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektну temperaturu
$c_w$	$kJ/(kg\ K)$	specifični toplinski kapacitet vode
$COP$	—	faktora grijanja
$EER$	—	faktora hlađenja
$f_{g1}$	—	korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature
$f_{g2}$	—	faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske temperature i projektne vanjske temperature
$f_{ij}$	—	faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i projektne vanjske temperature
$f_{RH}$	$W/m^2$	korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida grijanja
$G_w$	—	korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode
$H_{T,ie}$	$W/K$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$H_{T,ig}$	$W/K$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora tlu
$H_{T,ij}$	$W/K$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature
$H_{T,ius}$	$W/K$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prema vanjskom okolišu
$H_{T,iue}$	$W/K$	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prema vanjskom okolišu
$H_{V,i}$	$W/K$	koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka
$L_p$	$m$	ukupna duljina cijevi u petlji podnog grijanja/hlađenja
$L_s$	$m$	duljina spojnih cijevi
$l_j$	$m$	duljina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije
$N$	—	pretpostavljeni broj osoba u prostoriji
$n$	—	postotak širenja vode prilikom zagrijavanja
$n_{min}$	$h^{-1}$	minimalni higijenski broj izmjena zraka

$P$	W	električna snaga za pogon kompresora
$p_0$	bar	primarni tlak ekspanzijske posude
$p_e$	bar	projektni krajnji tlak povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila
$Q_W$	kWh/dan	dnevna potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a
$T$	m	razmak između cijevi
$t_{hw}$	kJ/(kg K)	temperatura hladne vode
$t_s$	kJ/(kg K)	temperatura tople vode u spremniku
$t_{tw}$	kJ/(kg K)	temperatura tople vode
$U_{equiv,k}$	W/(m <sup>2</sup> K)	ekvivalentni koeficijent prolaza topline poda "k" iz tablica i dijagrama ovisno tipologiji poda [W/(m <sup>2</sup> K)]
$U_k$	W/(m <sup>2</sup> K)	koeficijent prolaza topline građevnog elementa
$V_s$	l	volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature
$V_i$	m <sup>3</sup> /h	volumni protok zraka
$V_{n,min}$	l	minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude
$V_{p,i}$	m <sup>3</sup>	volumen zraka u prostoriji
$V_{PTV}$	l/dan	pretpostavljena dnevna potrošnja tople vode temperature
$V_V$	l	dodatni volumen
$V_A$	l	volumen vode u sustavu
$V'_{o,p}$	m <sup>3</sup> /h	volumni protok vanjskog zraka po osobi
$\dot{V}_o$	m <sup>3</sup> /h	volumni protok vanjskog zraka

#### Grčke oznake

$\Phi_A$	W	vanjski toplinski dobici prostorije
$\Phi_B$	W	toplinski dobici od rasvjete
$\Phi_C$	W	toplinski dobici od susjednih prostorija
$\Phi_{FL}$	W	ventilacijski toplinski dobici
$\Phi_G$	W	toplinski dobici od prolaznog materijala kroz prostoriju
$\Phi_{HL,i,kor}$	W	korigirana vrijednost projektnih toplinskih gubitaka
$\Phi_{HL,i}$	W	projektni toplinski gubici za pojedinačnu prostoriju
$\Phi_{HL}$	W	ukupni projektni toplinski gubici za cijelu zgradu
$\Phi_i$	W	projektni toplinski gubici topline prostorije
$\Phi_I$	W	unutarnji toplinski dobici prostorije
$\Phi_{inst,gr,p}$	W	instalirani učin petlji u režimu grijanja
$\Phi_{inst,gr}$	W	ukupni instalirani ogrjevnii učin podnog grijanja
$\Phi_{inst,hl,p}$	W	instalirani učin petlji u režimu hlađenja
$\Phi_{inst,hl}$	W	ukupni instalirani rashladni učin podnog hlađenja
$\Phi_{isp}$	W	toplinski tok isparavanja
$\Phi_{KG}$	W	projektno toplinsko opterećenje zgrade
$\Phi_{kond}$	W	toplinski tok kondenzacije

$\Phi_{KR,nom,kor}$	W	korigirana vrijednost projektnog toplinskog opterećenja prostorije
$\Phi_{KR,nom}$	W	projektno toplinsko opterećenje prostorije
$\Phi_{KR}$	W	projektno toplinsko opterećenje prostorije u pojedinom trenutku
$\Phi_p$	W	toplinski dobici od osoba
$\Phi_R$	W	toplinski dobici od ostalih izvora
$\Phi_{RH,i}$	W	dodatni potrebni kapacitet uslijed intermitentnog načina rada
$\Phi_S$	W	solarni dobici kroz n od strojeva i uređaja
$\Phi_{T,i}$	W	projektni transmisijski gubici topline prostorije
$\Phi_T$	W	toplinski dobici preko prozirnih nemasivnih ploha
$\Phi_{V,i}$	W	projektni ventilacijski gubici topline prostorije
$\Phi_W$	W	toplinski dobici preko neprozirnih masivnih ploha
$\vartheta_u$	°C	projektna temperatura negrijanog prostora
$\rho_w$	kg/m <sup>3</sup>	gustoća vode
$\psi_j$	W/(m K)	linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta
$\vartheta_{ads}$	°C	temperatura susjednog prostora
$\vartheta_e$	°C	vanjska projektna temperatura
$\vartheta_{int,i}$	°C	unutarnja projektna temperatura prostora
$\vartheta_{m,e}$	°C	srednja godišnja vanjska temperatura

## SAŽETAK

U ovom radu je dano tehničko rješenje sustava grijanja, hlađenja, pripreme potrošne tople vode i ventilacije za stambeno-poslovnu zgradu. Predmetna zgrada, ukupne korisne površine  $600 \text{ m}^2$ , je smještena na području grada Zagreba te se sastoji od pet etaža u kojima je jedan poslovni prostor i dvije stambene jedinice. Proračun projektnih toplinskih gubitaka je napravljen prema normi HRN EN 12831 dok su projektni toplinski dobici proračunati prema smjernici VDI 2078. Projektiran je sustav toplovodnog centralnog grijanja odnosno hlađenja zgrade. Kao ogrjevnja/rashladna tijela u prostorijama su postavljene petlje podnog grijanja. Dimenzioniranje petlji podnog grijanja je napravljeno prema normi HRN EN 1264-1. Ukupni instalirani ogrjevnji učin podnog grijanja iznosi  $20,3 \text{ kW}$  za temperaturni režim  $38/32^\circ\text{C}$  dok je instalirani rashladni učin  $9,88 \text{ kW}$  za temperaturni režim  $14/18^\circ\text{C}$ . Za proračun projektnih toplinskih gubitaka i projektnog toplinskog opterećenja te dimenzioniranje podnog grijanja korišten je računalni program IntegraCAD. Kao izvor ogrjevnog/rashladnog učina koristi se dizalica topline voda-voda u indirektnoj izvedbi, s crpim i upojnim bunarom. Nazivni ogrjevnji učin dizalice topline je  $16,8 \text{ kW}$  ( $W_{10}/W_{35} \Delta T=5\text{K}$ ). Dizalica topline se koristi u režimu grijanja te u režimu aktivnog i pasivnog hlađenja. Sustav pripreme potrošne tople vode je predviđen u izvedbi centralnog akumulacijskog sustava sa solarnim pločastim kolektorima ukupne površine apsorbera  $11,75 \text{ m}^2$ , uz dogrijavanje putem dizalice topline. Solarni kolektori su smješteni na krovu zgrade i orijentirani prema jugu te su dimenzionirani prema normi HRN EN 15316-4-3 na osnovu odabranog bivalentnog spremnika volumena  $750 \text{ l}$ . Kvaliteta zraka u prostorijama zgrade se održava sustavom lokalne mehaničke ventilacije s povratom toplinske energije iz istrošenog zraka. Potrebni protoci zraka su određeni na temelju preporučenih vrijednosti protoka zraka po osobi te za zgradu iznose  $750 \text{ m}^3/\text{h}$ . U prostorijama su predviđeni lokalni ventilacijski uređaji, nazivnom dobavom od  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ , koji povrat toplinske energije iz istrošenog zraka ostvaruju putem regenerativnog principa. Stupanj povrata toplinske energije za predviđene uređaje iznosi  $90\%$ . Prostorije koje ne graniče s vanjskim prostorom, predviđen je sustav odsisne ventilacije sa zidnim odsisnim ventilatorima nazivne dobave od  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ . Uz rad je priložena tehnička dokumentacija koja se sastoji od crteža koji definiraju raspored i montažu te funkcionalna shema spajanja i regulacije sustava.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, dizalica topline, solarni kolektori

## SUMMARY

This thesis provides a technical solution for heating, cooling, preparation of domestic hot water (DHW) and ventilation, for a residential-business building. The subject building, with a total usable area of 600 m<sup>2</sup>, is located in the Zagreb area and consists of five floors in which one business space and two residential units. Calculation of project heat losses is made according to norm HRN EN 12831, while project heat gains are calculated according to guideline VDI 2078. A central heating/cooling system of the building is designed. As heating/cooling units in the premises, the underfloor heating is installed. Dimensioning of the underfloor heating is made according to norm HRN EN 1264-1. The total installed heating capacity of the underfloor heating is 20.3 kW for the temperature regime 38/32°C while the installed cooling capacity is 9.88 kW for the temperature regime 14/18°C. Calculating software IntegraCAD was used for the calculation of project heat losses, project heat loads and dimensioning of underfloor heating. As a source of heating/cooling output, the water-water heat pump is used in an indirect performance, with a pumping and sinking well. The rated heating output of the heat pump is 16.8 kW (W10/W35  $\Delta T=5K$ ). Heat pump used in heating mode and in the mode of active and passive cooling. The DHW heating system is designed as a central accumulation system with solar plate collectors of the total surface area of 11.75 m<sup>2</sup>, with auxiliary heating by a heat pump. Solar collectors are located on the roof of the building and are oriented towards the south. Dimensioning of solar collectors is made according to norm HRN EN 15316-4-3 based on the selected 750 liter bivalent tank. The air quality in the building's premises is maintained by a local mechanical ventilation system with heat recovery from the exhausted air. The required flow rates are determined based on the recommended values of air flow rates per person and for the whole building total required flow rate is 750 m<sup>3</sup>/h. In the premises, the local ventilation devices with nominal flow rate 30 m<sup>3</sup>/h are provided and they recover the heat from the exhausted air through the regenerative principle. The recovery efficiency of the predicted devices is up to 90%. Premises not bordering the outside space, are provided with wall-mounted fans with a nominal supply of 50 m<sup>3</sup>/h. The technical documentation, consisting of drawings that define the arrangement and installation of equipment and the functional scheme of the connection and regulation of the system, is attached along with the thesis.

Key words: heating, cooling, heat pump, solar collector

## 1. UVOD

Grijanje se od početka civilizacije smatra kao jedna od osnovnih ljudskih potreba. Sukladno razvoju civilizacije i napretkom tehnologije, osobito polovicom dvadesetog stoljeća, došlo je do značajnog podizanja standarda koji određuju uvjete za rad i život ljudi. Stoga se u današnje vrijeme osim sustava grijanja koriste i ostali termotehnički sustavi (sustav hlađenja, sustav ventilacije, sustav klimatizacije...) za postizanje željenih mikroklimatskih uvjeta odnosno toplinske ugodnosti. Osim ugodnosti boravka u užem smislu riječi, u prostorima s kontroliranim mikroklimatskim uvjetima produktivnost ljudi koji rade u istima je također povećana što predstavlja vrlo bitnu činjenicu s gospodarskog stanovišta.

Prema normi HRN EN ISO 7730, ugodnost se općenito definira kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. Za određeni skup stanja okoliša uvijek se javlja izvjesni postotak nezadovoljnih osoba što upućuje na činjenicu da je osjećaj ugodnosti nužno individualan. Zadatak termotehničkih sustava je da ostvaruju takve parametre koji odgovaraju najvećem mogućem broju osoba unutar zone boravka. Zona boravka se definira kao dio prostorije koji se prostire od 0,1 m do 1,8 m po visini prostorije te je udaljena 1,0 m od vanjskih odnosno 0,5 m od unutarnjih zidova. Toplinska ugodnost je posljedica zajedničkog među djelovanja sljedećih osnovnih faktora:

- temperatura zraka u prostoriji,
- temperature ploha prostorije,
- vlažnost zraka,
- strujanje zraka,
- razina odjevenosti,
- razina fizičke aktivnosti,
- ostali faktori (buka, kvaliteta zraka, dob...).

Pri promjeni nekog faktora, razinu toplinske ugodnosti moguće je zadržati jedino uz promjenu jednog ili više drugih faktora. Osjećaj ugodnosti se vrednuje pomoću dva indeksa:



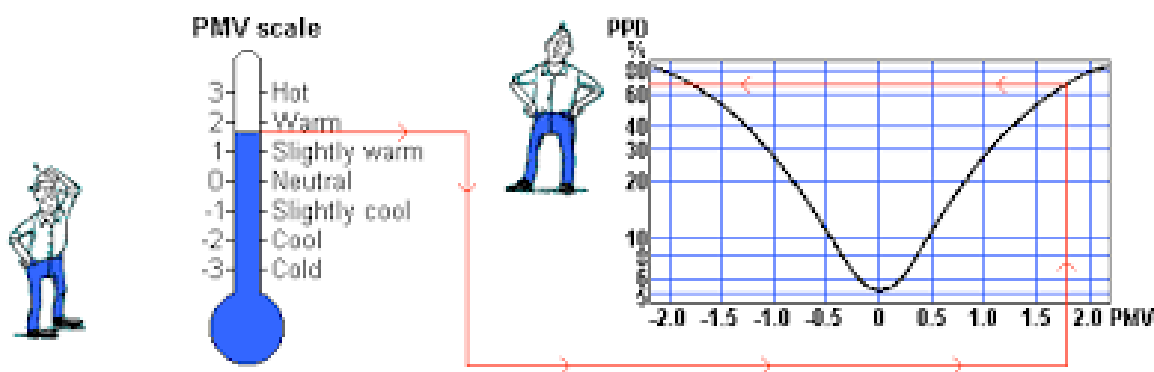
- PMV indeks (*eng. Predicted Mean Vote*),
- PPD indeks (*eng. Predicted Percentage of Dissatisfied*).

PMV indeks (*eng. Predicted Mean Vote*) predviđa subjektivno ocjenjivanje ugodnosti boravka u istom okolišu od strane grupe ljudi. Proračunsko određivanje PMV indeksa se vrši prema normi HRN EN ISO7730 gdje se koriste složeni matematički izrazi. U tablici 1. su prikazane referentne vrijednosti PMV indeksa prema ASHRAE ljestvici sa sedam točaka. Referentne vrijednosti se koriste za vrednovanje proračunski dobivene vrijednosti PMV indeksa.

**Tablica 1. Referentne vrijednost PMV indeksa prema ASHRAE ljestvici [1]**

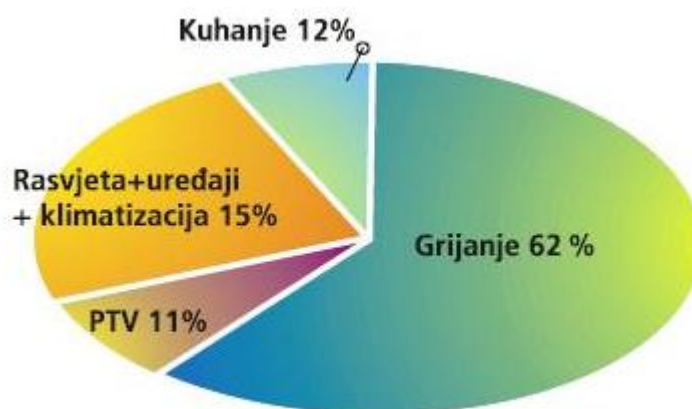
+3	Vruće
+2	Toplo
+1	Lagano toplo
0	Neutralno
-1	Svježe
-2	Prohladno
-3	Hladno

PPD indeks (*eng. Predicted Percentage of Dissatisfied*) predviđa postotak nezadovoljnih osoba koji borave u prostoru. Funkcija je proračunatog PMV indeksa te se određuje iz jednostavnog matematičkog izraza prema normi HRN EN ISO 7730. Slika 1. shematski prikazuje ovisnost PPD indeksa o vrijednosti PMV indeksa. [1]



**Slika 1. PPD indeks kao funkcija PMV indeksa [2]**

U ovom radu je dano tehničko rješenje sustava grijanja, hlađenja i ventilacije kojim se u prostorijama stambeno-poslovne zgrade postiže odgovarajuća razina toplinske ugodnosti. Prilikom projektiranja sustava težilo se postizanju visoke energetske učinkovitosti i funkcionalnosti sustava. Energetska učinkovitost u zgradarstvu je pojam koji se odnosi na postizanje odgovarajuće razine toplinske ugodnosti uz istovremeno najmanju moguću potrošnju energije. Koncept energetske učinkovitosti je izrazito bitan iz razloga što se oko 40% ukupne utrošene primarne energije u Hrvatskoj odnosi na sektor zgradarstva [3] te ta činjenica ukazuje na veliki potencijal smanjenja potrošnje energije. Slika 2. prikazuje strukturu potrošnje energije u zgradarstvu te je vidljivo da najveći udio ima potrošnja energije za grijanje [4].



**Slika 2. Struktura potrošnje energije u zgradarstvu [4]**

Smanjenje potrošnje energije i emisije CO<sub>2</sub> u postojećim i novim zgradama osnovni je cilj Direktive 2010/31/EU (EPBD II) te su njene smjernice implementirane u zakonodavstvo i tehničku regulativu Republike Hrvatske [5]. Potrošnja energije u zgradama ovisi o karakteristikama i lokaciji zgrade, energetskim sustavima u zgradi, ali i o navikama korisnika. Smanjenje potrebne energije za grijanje i hlađenje novih zgrada ostvaruje se korištenjem kvalitetne toplinske izolacije, kvalitetne stolarije, niskom zrakopropusnošću ovojnice, korištenjem ventilacijskih sustava s povratom topline i odabirom optimalnih orijentacija prostorija s obzirom na namjenu. Posljedica toga je mogućnost korištenja niskotemperaturnih sustava grijanja odnosno visokotemperaturnih sustava hlađenja kao i značajno smanjenje vršnog toplinskog i rashladnog opterećenja. U energetskim sustavima zgrada moguće je postići velike uštede racionalnim korištenjem fosilnih goriva te korištenjem obnovljivih

izvora energije gdje god je to tehnički izvedivo i ekonomski opravdano. Dok se kod novih zgrada navedene mjere implementiraju već u projektnoj fazi, na postojećim zgradama uštede se ostvaruju energetsom obnovom odnosno provođenjem mjera poboljšanja energetske učinkovitosti kao što su poboljšanje toplinske zaštite vanjske ovojnice, povećanje učinkovitosti sustava grijanja, hlađenja i klimatizacije, povećanje učinkovitosti sustava rasvjete i električnih uređaja. Implementacijom mjera poboljšanja energetske učinkovitosti, kojima prethodi tehno-ekonomska analiza, moguće je postići značajne ekonomske, energetske i ekološke uštede na postojećim zgradama.

### 1.1. Podjela sustava grijanja i hlađenja

Sustavi grijanja se mogu podijeliti na sljedeće osnovne načine [1]:

- prema energentu ,
- prema načinu zagrijavanja,
- prema vrsti ogrjevnih tijela.

Podjela prema energentu ovisi o energentu koji se koristi za dobivanje toplinske energije u izvoru ogrjevnog učina te stoga sustavi grijanja mogu biti plinski (zemni plin, ukapljeni naftni plin...), električni, na loživo ulje (mazut, ekstra lako loživo ulje...), na kruta goriva (peleti, drvena sječka, ogrjevno drvo, ugljen...) ili mogu koristiti toplinu iz okoliša (uz privođenje kompenzacijske energije).

Podjela prema načinu zagrijavanja uzima u obzir položaj izvora ogrjevnog učina u odnosu na prostore koje je potrebno zagrijavati. Svi uređaji koji se danas koriste za grijanje prostorija omogućuju podjelu sustava grijanja na dva osnovna tipa: lokalno (pojedinačno) grijanje i centralno grijanje. Sustavi lokalnog grijanja koriste pojedinačne izvore ogrjevnog učina (peći, kamini, električne grijalice...) koji omogućuju neposredno zagrijavanje prostorije u kojoj su smješteni. Osnovna značajka ovakvih sustava je da nemaju sustave distribucije i emisije koji distribuiraju i predaju toplinu u druge prostore te da ne koriste ogrjevni medij kao posrednog prijenosnika toplinske energije. Za razliku od sustava lokalnog grijanja, sustavi centralnog grijanja omogućavaju posredno zagrijavanje prostorije pomoću ogrjevnih tijela (sustav emisije) kroz koje struji određeni prijenosnik energije odnosno ogrjevni medij (topla ili vrela voda, para, topli zrak...). Ogrjevni medij se zagrijava u izvoru topline smještenom na jednom mjestu u građevini, uglavnom kotlovnici ili strojarnici.

Primjeri sustava centralnog grijanja su toplovodno grijanje s kotlom na kruta ili plinska goriva, toplovodno grijanje s dizalicom topline ili toplozračno grijanje s klima komorom.

Sustav toplovodnog centralnog grijanja sastoji se od [6]:

- generatora topline,
- razvoda toplinske energije (razvod cijevne mreže),
- ogrjevnih tijela,
- cirkulacijskih pumpi,
- zaporne i regulacijske armature,
- ekspanzijskog sustava,
- sustava regulacije i upravljanja.

Podjela sustava grijanja prema vrsti ogrjevnih tijela ovisi o načinu izmjene topline između zraka u prostoru i prijenosnika energije u sustavu grijanja odnosno hlađenja [1]:

- izravni (kamin, peć...),
- radijatorski (pločasti, člankasti, cijevni),
- konvektorski (podni, zidni),
- ventilokonvektorski (zidni, kazetni, stropni),
- površinski paneli (podni, zidni, stropni).

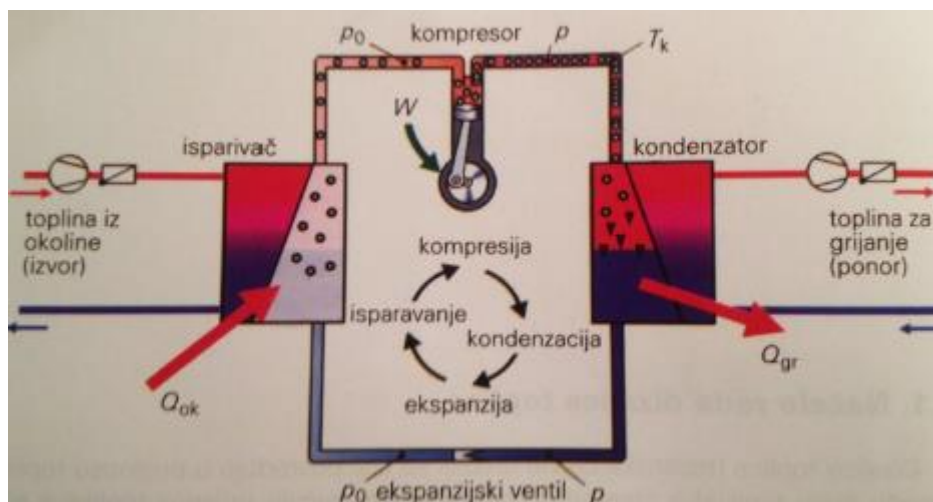
Sustavi hlađenja se mogu podijeliti na četiri osnovna tipa s obzirom na prijenosnik energije odnosno rashladni medij [1]:

- zračni sustavi,
- vodeni sustavi,
- zračno-vodeni sustavi,
- neposredni rashladni sustavi.

U ovom radu je dano tehničko rješenje putem sustava centralnog grijanja odnosno hlađenja s kompresijskom dizalicom topline voda-voda te su za predaju ogrjevnog odnosno rashladnog učina u prostorijama predviđene petlje podnog grijanja/hlađenja. Prijenosnik energije je voda čija je prisilna cirkulacija omogućena cirkulacijskim pumpama.

## 1.2. Izvori ogrjevnog i rashladnog učina [7]

Izvori ogrjevnog i rashladnog učina služe za opskrbu sustava grijanja i hlađenja s odgovarajućom količinom ogrjevnog odnosno rashladnog medija potrebne temperature i tlaka. Kao izvori ogrjevnog učina u manjim stambeno-poslovnim zgradama se uglavnom koriste različite izvedbe kotlova na plinsko ili kruto gorivo dok se sustavi s radnom tvari (mono-split i multi-split sustavi) uglavnom koriste kao izvori rashladnog učina. Navedene vrste sustava predstavljaju konvencionalno tehničko rješenje dok se danas zbog porasta cijena fosilnih goriva i povećanjem svijesti o zaštiti okoliša sve više koriste sustavi s obnovljivim izvorima energije. Dizalice topline su jedan od najviše korištenih obnovljivih izvora za grijanje hlađenje i pripremu PTV-a. Dizalica topline je uređaj koji omogućava prijenos toplinske energije iz toplinskog spremnika niže temperaturne razine u toplinski spremnik više temperaturne razine uz korištenje dodatne energije (rada). Dodatna energija može biti električna (kompresijske dizalice topline) ili toplinska (sorpcijske dizalice topline, ejektorski rashladni uređaji). Taj prijenos se ostvaruje pomoću lijevokretnog kružnog procesa s odgovarajućom radnom tvari. Osnovne komponente kompresijske dizalice topline su dva izmjenjivača topline (isparivač i kondenzator), kompresor, ekspanzijski ventil i radna tvar. Na slici 3. dan je shematski prikaz rada dizalice topline u režimu grijanja.



**Slika 3. Shematski prikaz kompresijske dizalice topline [8]**

Radna tvar u dizalici topline ulazi u isparivač u kapljevitom stanju pri niskoj temperaturi i niskom tlaku te isparava preuzimajući toplinu od toplinskog izvora (npr. podzemna voda). Zatim kompresor usisava radnu tvar te joj podiže tlak i temperaturu, dovodeći je u stanje pregrijane pare. U stanju pregrijane para, radna tvar ulazi u kondenzator gdje kondenzira i predaje toplinu toplinskom ponoru (npr. ogrjevna voda). Tako kondenzirana radna tvar struji

dalje prema ekspanzijskom ventilu gdje joj se snižava tlak i temperatura. Ponovnim ulaskom u isparivač se zatvara ljevokretni kružni proces. U režimu grijanja, dizalica topline u kondenzatoru predaje korisnu toplinsku energiju od radne tvari prema prijenosniku topline unutar zgrade (ogrjevnja voda, zrak) dok na isparivaču preuzima toplinsku energiju iz podzemne vode na radnu tvar. Prekretanjem procesa putem četveroputnog ventila ista dizalica topline može služiti kao izvor rashladnog učina. U tom slučaju izmjenjivač topline koji je služio kao isparivač postaje kondenzator i obratno. Kao toplinski izvor (za režim grijanja) ili toplinski ponor (za režim hlađenja) uglavnom se koriste okolišni zrak, zemlja i voda (podzemna voda, morska voda...).

Prema izvedbi izvora ogrjevnog i rashladnog učina, dizalice topline mogu raditi na sljedeće načine [7]:

- monovalentni način rada,
- bivalentno-paralelni način rada,
- bivalentno-alternativni način rada.

Prilikom monovalentnog načina rada, učin dizalice topline se projektira tako da pokriva sve toplinske gubitke odnosno toplinsko opterećenje. U bivalentnom načinu rada dizalica topline pokriva samo dio potreba za grijanjem odnosno hlađenjem dok ostatak pokriva jedan ili više dodatnih izvora ogrjevnog odnosno rashladnog učina. Bivalentno-paralelni način rada podrazumijeva da do određene vanjske temperature dizalica topline sama pokriva toplinsko opterećenje zgrade dok se daljnjim povećanjem odnosno sniženjem temperature uz rad dizalice paralelno uključuju dodatni izvori ogrjevnog odnosno rashladnog učina. Bivalentno-alternativni način rada podrazumijeva da se kod određene vanjske temperature dizalica topline isključuje, a uključuje dodatni izvor koji je dalje jedini u radu.

Učinkovitost rada kompresijske dizalice topline definira se kao omjer omjer između korisnog toplinskog toka i uložene električne snage. Ta učinkovitost se izražava pomoću faktora grijanja - COP (*eng. Coefficient Of Performance*) i faktora hlađenja - EER (*eng. Energy Efficiency Ratio*). Faktori se definiraju sljedećim jednadžbama:

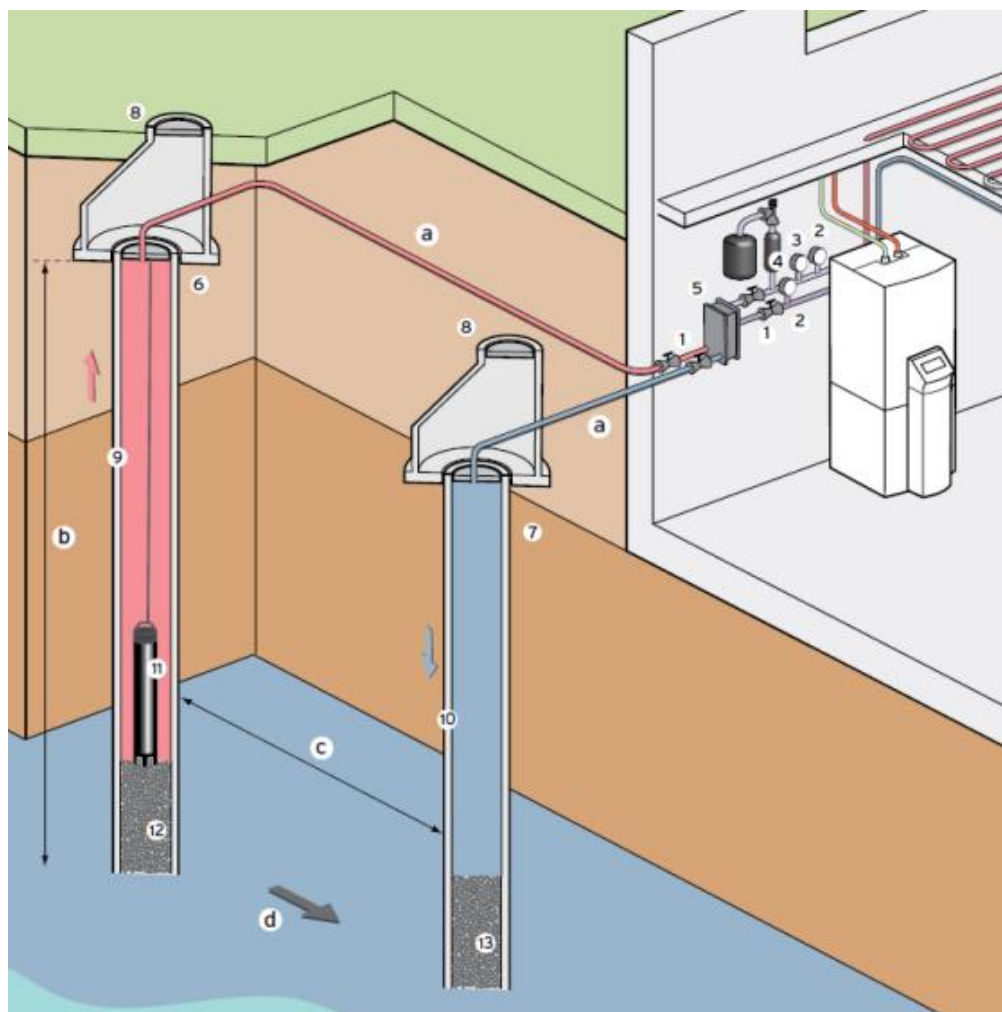
$$COP = \frac{\Phi_{kond}}{P} \quad (1)$$

$$EER = \frac{\Phi_{isp}}{P} \quad (2)$$

- COP – faktor grijanja [-]
- EER – faktor hlađenja [-]
- $\Phi_{kond}$  – toplinski tok kondenzacije [W]
- $\Phi_{isp}$  – toplinski tok isparavanja [W]
- P – električna snaga za pogon kompresora [W]

Sustavi s dizalicom topline neovisno o vrsti izvedbe (voda, zrak, zemlja) se koriste za niskotemperaturna grijanja odnosno visokotemperaturna hlađenja iz razloga što im je efikasnost veća kada je razlika temperature između toplinskog ponora i izvora manja. Temperatura podzemne vode, kao i tla, je relativno malo promjenjiva tijekom godine te se kreće u granicama od 7°C do 14°C za razlika od temperature zraka koja ima značajno veće oscilacije. Iz tog razloga su dizalice topline koje koriste vodu ili zemlju kao toplinski spremnik stabilnije u radu te postižu veću sezonsku učinkovitost u odnosu na dizalice topline koje koriste zrak kao toplinski spremnik. Također, kod dizalice topline sa zrakom kao toplinskim spremnikom se javlja problem određivanja isparivača zimi koji znatno utječe na efikasnost.

U ovom radu projektirana je dizalica topline s podzemnom vodom kao toplinskim spremnikom. Odabrana dizalica topline voda-voda će za vrijeme zimskih mjeseci uzimati toplinu od podzemne vode i prenositi ju na ogrjevnju vodu toplinskog kruga zgrade. Proces je obrnut za vrijeme hlađenja gdje će se toplina od vode koja cirkulira kroz zgradu prenositi na podzemnu vodu. Izvedba dizalice topline voda-voda može biti direktna i indirektna. U direktnoj izvedbi se podzemna voda dovodi direktno u isparivač (ili kondenzator ovisno radi li se o režimu grijanja ili hlađenja). U indirektnoj izvedbi između isparivača (ili kondenzator ovisno radi li se o režimu grijanja ili hlađenja) i podzemne vode postoji međukrug, odvojen dodatnim izmjenjivačem topline u kojem se nalazi medij kontroliranog kemijskog sastava (voda ili glikolna smjesa). S termodinamičkog gledišta povoljnija je direktna izvedba, ali zbog upitne kakvoće podzemne vode odabrana je indirektna izvedba kako bi se od korozije i oštećenja očuvala izmjenjivačka površina unutar dizalice topline. Na slici 4. prikazana je dizalica topline voda-voda u indirektnoj izvedbi.



**Slika 4. Indirektna izvedba dizalice topline voda-voda [9]**

- 1 – zaporni ventil
- 2 – prikaz temperature
- 3 – prikaz tlaka
- 4 – kompenzacijska posuda
- 5 – međuzmjenjivač topline
- 6 – crpni bunar
- 7 – upojni bunar
- 8 – pokrov sa odzračivačem
- 9/10 – transportna cijev, otporna na koroziju
- 11 – potopna pumpa
- 12/13 – filtrirajući element



### 1.3. Ogrjevna tijela [1]

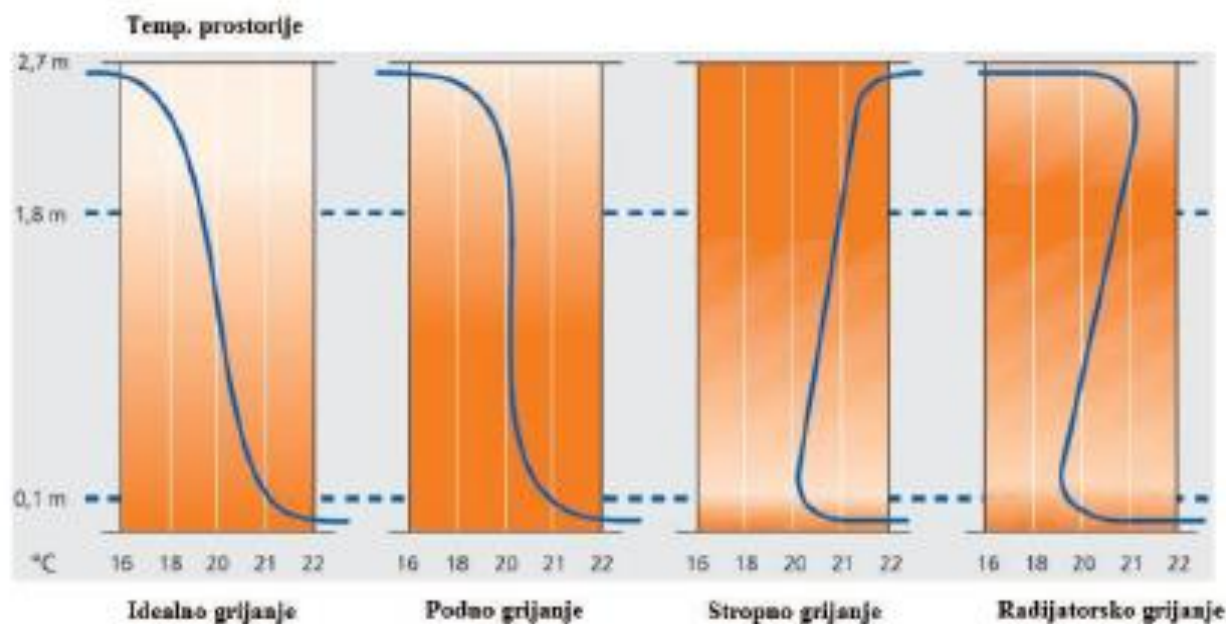
Ogrjevna tijela se koriste za prijenos topline između zraka u grijanim/hlađenim prostorijama i prijenosnika energije. Glavni zahtjevi koje moraju ispunjavati su da omoguće ravnomjerno razdiobu temperature u prostoriji, imaju malu masu, budu što učinkovitija, budu jednostavna za ugradnju, čišćenje i održavanje, postojana na povišenu temperaturu, tlak i koroziju te da budu prihvatljivog izgleda i cijene. Razdioba temperature u prostoriji izravno ovisi o smještaju i izvedbi ogrjevnog tijela. U ovom radu je projektiran površinski sustav ogrjevnih tijela - vodeno podno grijanje odnosno hlađenje.

Podna grijanja, kao i svi površinski sustavi, koriste zračenje kao glavni mehanizam prijenosa topline te na taj način omogućuju da zimi unatoč nižim temperaturama zraka u prostoru u odnosu na druge izvedbe ogrjevnog tijela, ljudi osjećaju istu razinu toplinske ugodnosti. Razlog tomu je što se dio topline prenosi zračenjem neposredno na ljude (kao i na ostale predmete), a ne posredno preko zraka. Isto vrijedi i za ljetni period kada sustav radi u režimu hlađenja. Prednost im je već prešutno spomenuta činjenica da se iste cijevne petlje mogu koristiti i za hlađenje i za grijanje. S obzirom da se koriste u niskotemperaturnim sustavima grijanja (40/30°C, 35/30°C...) odnosno u visokotemperaturnim sustavima hlađenja (14/18°C, 16/19°C...) u kojima je potrebna velika površina za izmjenu topline, sadrže veliku masu vode te su izrazito tromi sustavi (sporiji odzivi regulacije). Polazne temperature vode su ograničene najvećom dopuštenom temperaturom poda u režimu grijanja odnosno temperaturom rošenja u režimu hlađenja. Prema normi HRN EN 1264-1, najveće dopuštene temperature površine poda s obzirom na fiziološki utjecaj na čovjeka:

- 27°C - zone predviđene za duži boravak,
- 29°C - zone predviđene za kraći boravak,
- 35°C - rubne zone (1m od vanjskog zida),
- 33°C - kupaonice.

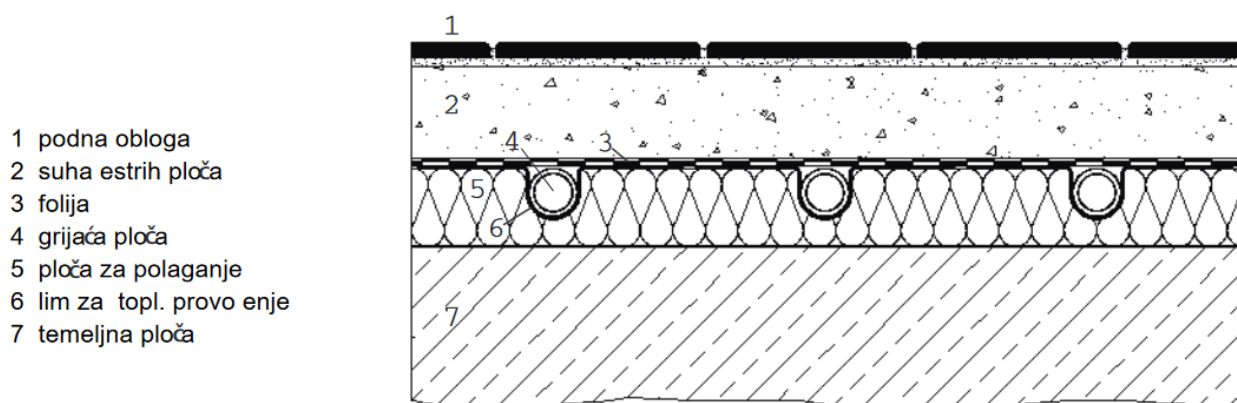
Podna grijanja su estetski vrlo prihvatljiva jer su položena u podnoj konstrukciji te ne zauzimaju korisni prostor zgrade. Također se podnim grijanjem ostvaruje najravnomjernija raspodjela temperature u prostoru u odnosu na ostale vrste ogrjevnih tijela te je u zoni boravka razlika temperature po visini manja od 3°C čime se osigurava odgovarajuća razina toplinske ugodnosti. Fiziološki je povoljnije da u području stopala temperatura bude nešto

viša, a u području glave nešto niža ("tople noge"- "hladna glava"). Na slici 5. prikazan je temperaturni profil po visini prostorije za različite vrste ogrjevnih tijela.

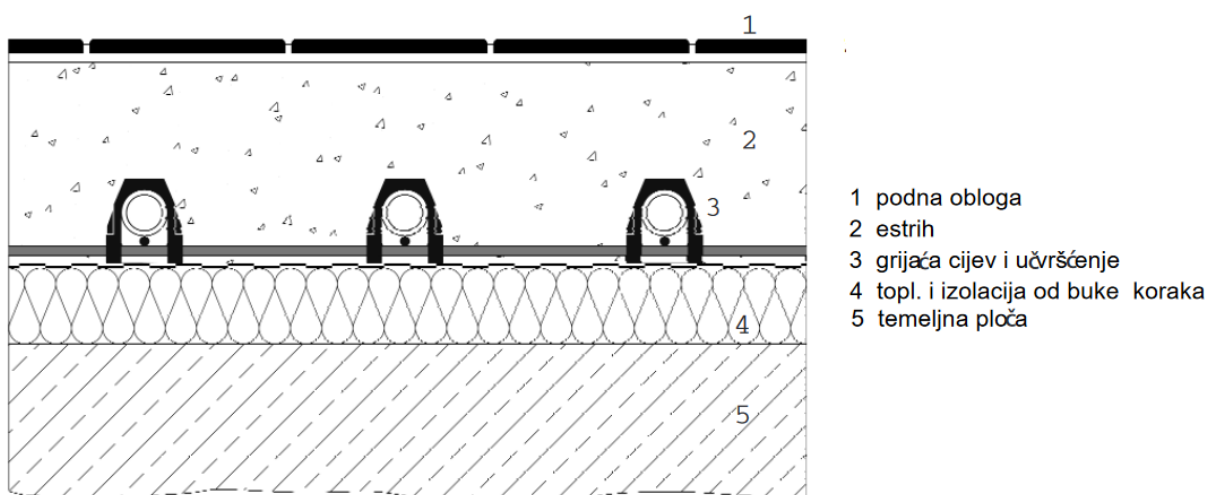


**Slika 5. Temperaturni profil po visini prostorije za različite vrste ogrjevnih tijela [10]**

Za površinsko grijanje je najpovoljnija podna izvedba dok je za površinsko hlađenje najpovoljnija stropna izvedba sustava. Razlog tomu je fizikalna pojava uzgona zraka, koja uzrokuje da se topli zrak koji je manje gustoće uzdiže prema gore dok hladniji zrak veće gustoće struji prema dolje. Unatoč činjenici da je za površinsko hlađenje najpovoljnija stropna izvedba, odabrano je podno hlađenje jer osigurava zadovoljavajući profil temperature u prostoriji te bi izvedba dodatnog stropnog sustava značajno povećala investiciju. Prije polaganja cijevi podnog grijanja potrebno je provesti konstrukcijsku prilagodbu ploha na koje se podno grijanje ugrađuje (postavljanje rešetkaste podloge, ploče s čepovima ili "TACKER" ploče s ubodnim pričvrsnicama) te dodatno izolirati te plohe kako bi se smanjili gubici prema prostoru ispod. Podni sustavi grijanja/hlađenja se prema načinu polaganja cijevi dijele na mokre i suhe. Suha ugradnja podrazumijeva da su cijevi podnog grijanja folijom visoke toplinske vodljivosti odvojene od cementnog estriha dok su kod mokre ugradnje položene u cementnom estrihu. Na slikama 6. i 7. su shematski prikazani suhi i mokri način ugradnje.

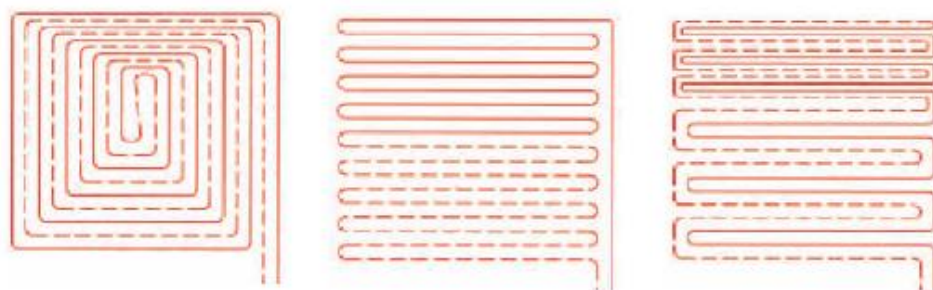


**Slika 6. Shematski prikaz suhe ugradnje podnog grijanja [11]**



**Slika 7. Shematski prikaz mokre ugradnje podnog grijanja [11]**

U prostorijama s podnim grijanjem, podovi trebaju biti popločeni s keramičkim pločicama ili se mogu koristiti tanki tepisoni i parketi koji su predviđeni za podove s podnim grijanjem. Postoji nekoliko načina polaganja cijevi u podu: pužna petlja s ili bez rubne zone, jednostruki ili dvostruki meandar s ili bez rubne zone. Na slici 8. su prikazani neki od načina polaganja cijevi.



**Slika 8. Pužna petlja bez rubne zone, jednostruki meandar bez rubne zone, dvostruki meandar bez rubne zone**

U rubnoj zoni je zbog veće dopuštene temperature poda gustoća polaganja cijevi veća. Korak cijevi odnosno razmak između cijevi uglavnom se kreće od 5 do 30 cm. Veći razmaci nisu povoljni jer bi uzrokovali nastanak hladnih i toplih zona u podu dok manji razmaci nisu izvedivi zbog minimalnog potrebnog radijusa savijanja cijevi.

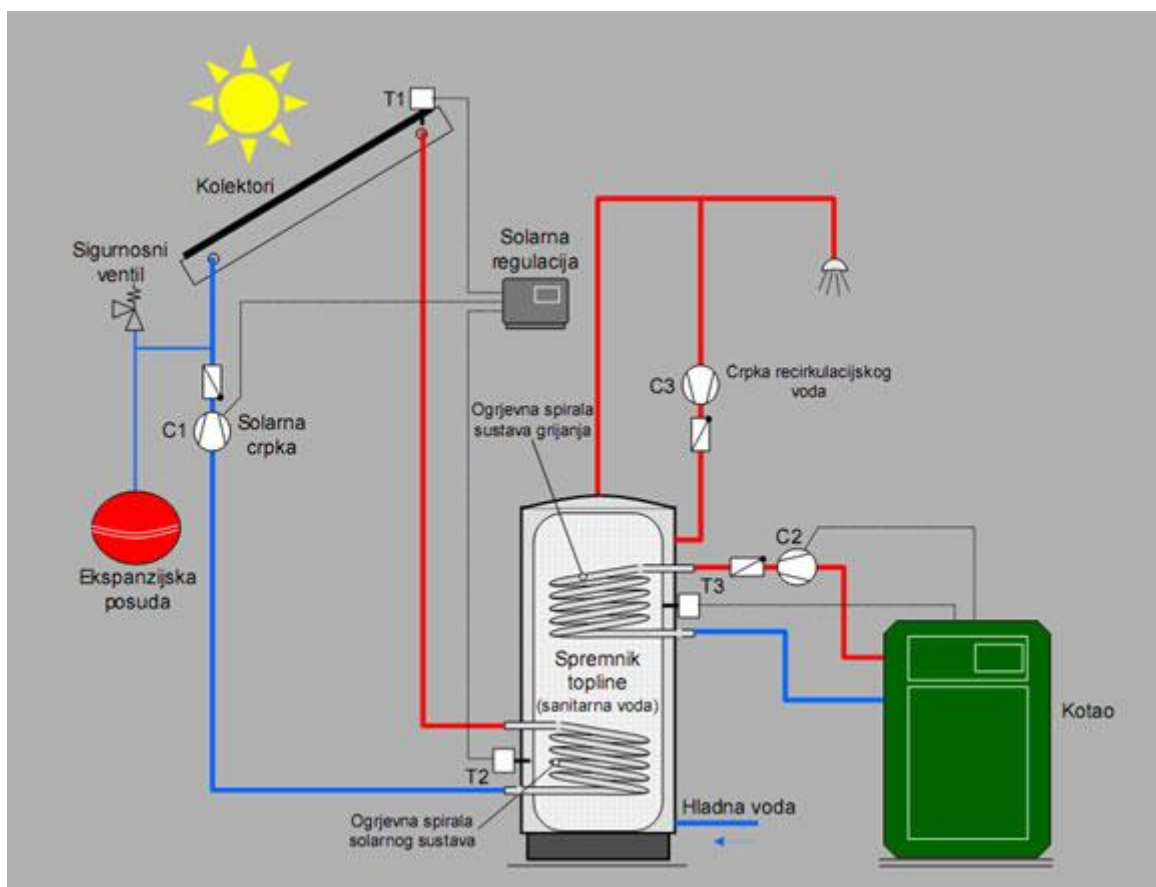
Preporuke proizvođača prilikom projektiranja uglavnom ograničavaju duljinu pojedine petlje na 120 m, površinu poda ispod koje se nalazi pojedina petlja (zona) na 40 m<sup>2</sup>, a najveću duljinu površine podnog grijanja na 8 m. Također, ne preporuča se da brzina vode u cijevima prelazi 1m/s kako ne bi nastajala buka koja ima negativan utjecaj na kvalitetu boravka u prostoriji. Cijevi za podno grijanje uglavnom su plastične (umreženi polietilen), dimenzija od Ø10x2 mm do Ø20x2mm. Obvezno je postavljanje dilatacijskih traka koje omogućavaju toplinsku dilataciju cementnog estriha kako ne bi došlo do pucanja estriha i završne podne obloge. Za slučaj kada cijevi prolaze kroz dilatacijske spojeve (npr. ispod pragova vrata), potrebno dio cijevi u prodoru uvući u zaštitne cijevi. Podna grijanja se u stambenim i poslovnim prostorima ugrađuju gotovo po cjelokupnoj površini poda uz iznimke dijelova površine kao što su kupaonski elementi i kade u kupaonicama ili kuhinjski elementi u kuhinji. Ostali detalji vezani za ugradnju mogu se pronaći u tehničkoj dokumentaciji proizvođača (npr. [12]).

Podna grijanja se najčešće upotrebljavaju u novogradnji, a manje u rekonstrukcijama postojećih zgrada jer zahtijevaju složene i skupe građevinske zahvate na postojeće podne konstrukcije. Također se koriste i za zagrijavanje vanjskih površina zbog topljenja snijega i leda.

#### 1.4. Sustavi zagrijavanja potrošne tople vode (PTV) [1]

Zagrijavanje PTV-a može se vršiti lokalno ili centralno. Kod lokalnog sustava svako izljevno mjesto ima svoj grijač dok centralna priprema podrazumijeva izvedbu s jednim grijačem za više izljevniha mjesta. Također, sustavi se mogu podijeliti na akumulacijske, protočne ili kombinirane. Kod protočnih sustava voda se zagrijava trenutno prilikom potrošnje odnosno na protočnom principu dok se kod akumulacijskih sustava voda zagrijava unutar spremnika prema unaprijed predviđenoj potrošnji. Akumulacijski sustavi zahtijevaju manji instalirani ogrjevnii učin za zagrijavanje PTV-a zbog mogućnosti dužeg zagrijavanja akumulacijskog spremnika i neistovremenosti potrošnje svih izljevniha mjesta (faktor istovremenosti). Kod akumulacijskih sustava se zbog udaljenosti izljevniha mjesta ugrađuje recirkulacijska pumpa koja putem recirkulacijskog voda omogućuje da sva izljeva mjesta gotovo trenutno dobiju toplu vodu u slučaju potrošnje. Za sustave bez recirkulacijske pumpe u slučaju da nema potrošnje na izljevniha mjestima, u cijevima nema protoka vode te se mirujuća voda s vremenom ohladi. U trenutku kada na izljevnom mjestu započne potrošnja, korisniku će topla voda željene temperature biti na raspolaganju tek nakon što potroši ohlađeni dio vode koja je do tada mirovala u cijevima. Za veće udaljenosti (preko 8m [13]) se u tom slučaju narušava komfor korisnika i bespotrebno povećava potrošnja vode.

Iz razloga što je zagrijavanje PTV-a potrebno tijekom cijele godine, isplativ i energetski učinkovit način zagrijavanja je korištenje sunčeve energije pomoću solarnih kolektora. U solarnim kolektorima se zagrijava voda ili smjesa vode i glikola te se zatim ta energija predaje u spremniku (direktno ili indirektno). U ovom radu je korišten indirektni sustav odnosno bivalentni spremnik s dva izmjenjivača. U solarnom krugu cirkulira smjesa glikola i vode te putem donjeg izmjenjivača u bivalentnom spremniku zagrijava PTV. Drugi izmjenjivač, koji je smješten u gornji dio spremnika, služi za dogrijavanje nekim drugim izvorom topline (u ovom radu se koristi dizalica topline). Shematski prikaz takvog sustava dan je na slici 9. Solarni izmjenjivač je smješten u donjem dijelu spremnika iz razloga što je u tom dijelu temperatura vode niža uslijed temperaturne raspodjele po visini spremnika, kao i činjenice da je priključak hladne vode u donjem dijelu spremnika, te je time omogućena veća efikasnost solarnih kolektora.



**Slika 9. Sustav zagrijavanja PTV-a sa solarnim kolektorima uz podršku dodatnog izvora topline [14]**

Sustavi mogu biti izvedeni bez prisilne cirkulacije kroz kolektore odnosno pasivni termosifonski sustavi (uglavnom sustavi s kolektorima s integriranim spremnikom) gdje medij struji uslijed razlike temperature vode u spremniku i kolektoru. Druga izvedba su sustavi s prisilnom cirkulacijom pomoću cirkulacijske pumpe (uglavnom sustavi s pločastim kolektorima, vakumskim kolektorima ili apsorberima za bazene). Najčešće se koriste sustavi s prisilnom cirkulacijom s pločastim kolektorima. Direktni sustavi su pogodniji za područja gdje ne postoji opasnost od smrzavanja. U ljetnim mjesecima je moguće u cijelosti pokriti energiju za zagrijavanje PTV-a putem solarnim kolektora dok se u zimskim mjesecima najviše koristi dodatni izvor topline za zagrijavanje zbog relativno male dozačene sunčeve energije.

## 1.5. Ventilacija [15]

Ventilacija je, uz infiltraciju, osnovni način na koji vanjski zrak ulazi u prostorije zgrade. Infiltracija je posljedica propuštanja zraka kroz vanjsko oplošje zgrade uslijed nepotpunog brtvljenja, uglavnom na dijelovima koji se mogu otvarati te predstavlja nenamjerno ubacivanje vanjskog zraka u zgradu. Ventilacija predstavlja namjerno i kontrolirano ubacivanje određene količine zraka iz okoliša u prostorije kroz za to predviđene otvore. Sustav ventilacije sudjeluje u održavanju unutarnje kvalitete zraka i toplinske ugodnosti. Glavni zahtjevi koji se postavljaju na sustav ventilacije su:

- dovođenje vanjskog zraka (kisika) u prostor za disanje ljudi i/ili životinja,
- kontrola koncentracije zagađivača u zraku prostora,
- uklanjanje zagađivača iz prostora (garaže, tuneli, laboratoriji...),
- uklanjanje topline i vlage iz prostora (zatvoreni bazeni, kuhinje...),
- održavanje jednolikog termodinamičkog stanja zraka u zoni boravka,
- uspostavljanje željene razdiobe zraka unutar prostora.

Sustav ventilacije se prema načinu strujanja zraka dijeli na:

- prirodnu ventilaciju,
- prisilnu (mehaničku) ventilaciju.

Sustav prirodne ventilacije kao pogonske sile strujanja koristi energiju vjeta i efekt dimnjaka. Strujanje zraka u prirodnoj ventilaciji pokrenuto je prirodno i/ili umjetno dobivenim razlikama tlaka između vanjskog okoliša i unutarnjeg prostora, bez uporabe ventilatora. Za razliku od prirodne ventilacije, mehanička ventilacija strujanje ostvaruje uz pomoć ventilatora. Sustav prisilne ventilacije je moguće prema mjestu pripreme zraka podijeliti na:

- sustav centralne ventilacije,
- sustav lokalne (decentralne) ventilacije.

Kod centralne ventilacije priprema zraka se vrši na jednoj centralnoj lokaciji, a zatim se zrak kanalskim razvodom distribuira u prostorije. U sustavu lokalne ventilacije priprema zraka se vrši za svaku prostoriju ili zonu zasebno. U ovom radu projektiran je sustav lokalne prisilne ventilacije s povratom topline. Sustavi s povratom topline koriste energiju iz istrošenog zraka

te na taj način sprječavaju da se ona neiskorištena odvodi u okoliš. Time se ostvaruju energetske, ekološke i ekonomske uštede.



## 2. OPIS ZGRADE

Predmet projekta je stambeno-poslovna zgrada smještena na području grada Zagreba. Geometrija i dimenzije zgrade, kao i sastav građevinske konstrukcije, preuzeti su iz arhitektonskih podloga. Zgrada je pravokutnog tlocrtnog oblika i vanjskih gabarita 10,0 m x 15,1 m x 14,40 m (š x d x v) dok je korisna površina 600 m<sup>2</sup>. Sastoji se od pet etaža: podruma (Po), prizemlja (Pr), 1. kata (1K), 2. kata (2K) i 3. kata (3K). Na zgradi će biti izveden ravni krov na kojem se predviđa smještanje solarnih kolektora. Ulaz u zgradu je omogućen s južne strane, a zgrada je sa svojom zapadnom stranom naslonjena na susjednu zgradu. Komunikacija između etaža je omogućena unutarnjim stubištem i dizalom koji su negrijani. U etaži podruma koja je također negrijana se nalazi garaža i prostor strojarnice u kojoj će biti smještena strojarska oprema (dizalica topline, međuspremnik ogrjevnog vode, spremnika PTV-a i ostala oprema). U etaži prizemlja se nalazi poslovni prostor odnosno ginekološka ordinacija koja se sastoji od predprostora, sanitarnog čvora s garderobom, čekaonice, dvije ordinacije i prostora za medicinske sestre. Sve prostorije su grijane i hladene osim kupaonice koja se ne hladi. Na etaži 1. kata se nalazi stambena jedinica koja se sastoji od ulaznog prostora, vešeraja, dvije kupaonice, spavaćih soba, dnevnog boravka, blagovaonice, kuhinje i garderobe. Sve prostorije su grijane i hladene osim kupaonica i vešeraja koji se ne hlade. Druga stambena jedinica se nalazi na etažama 2. i 3. kata te se sastoji od ulaznog prostora, vešeraja, dvije kupaonice, spavaćih soba, WC-a, dnevnog boravka, blagovaonice, kuhinje, garderobe, teretane i galerije. Sve prostorije su grijane i hladene osim kupaonica i vešeraja koji se ne hlade.

Nosivu konstrukciju čini temeljna armirano-betonska ploča i sustav armirano-betonskih zidova debljine 20 cm. Unutarnji pregradni zidovi su od šuplje blok opeke. Pročelja su pravilnog oblika s ravnom površinom zida. Izvest će ETICS sustav fasade s mineralnom vunom debljine 15 cm. Podovi će biti izvedeni kao plivajući, toplinski i zvučno izolirani EPS-om ukupne debljine 6 cm. Završna obloga poda su parket ili keramičke pločice, zavisno o namjeni prostorije. Stropne konstrukcije će biti izvedene kao armirano-betonske ploče. Krov je ravni armirano-betonski, s aluminijskim limom kao završnom oblogom, toplinski izoliran mineralnom vunom debljine 10 cm i tvrdom PUR pjenom debljine 11 cm. Vanjska stolarija je

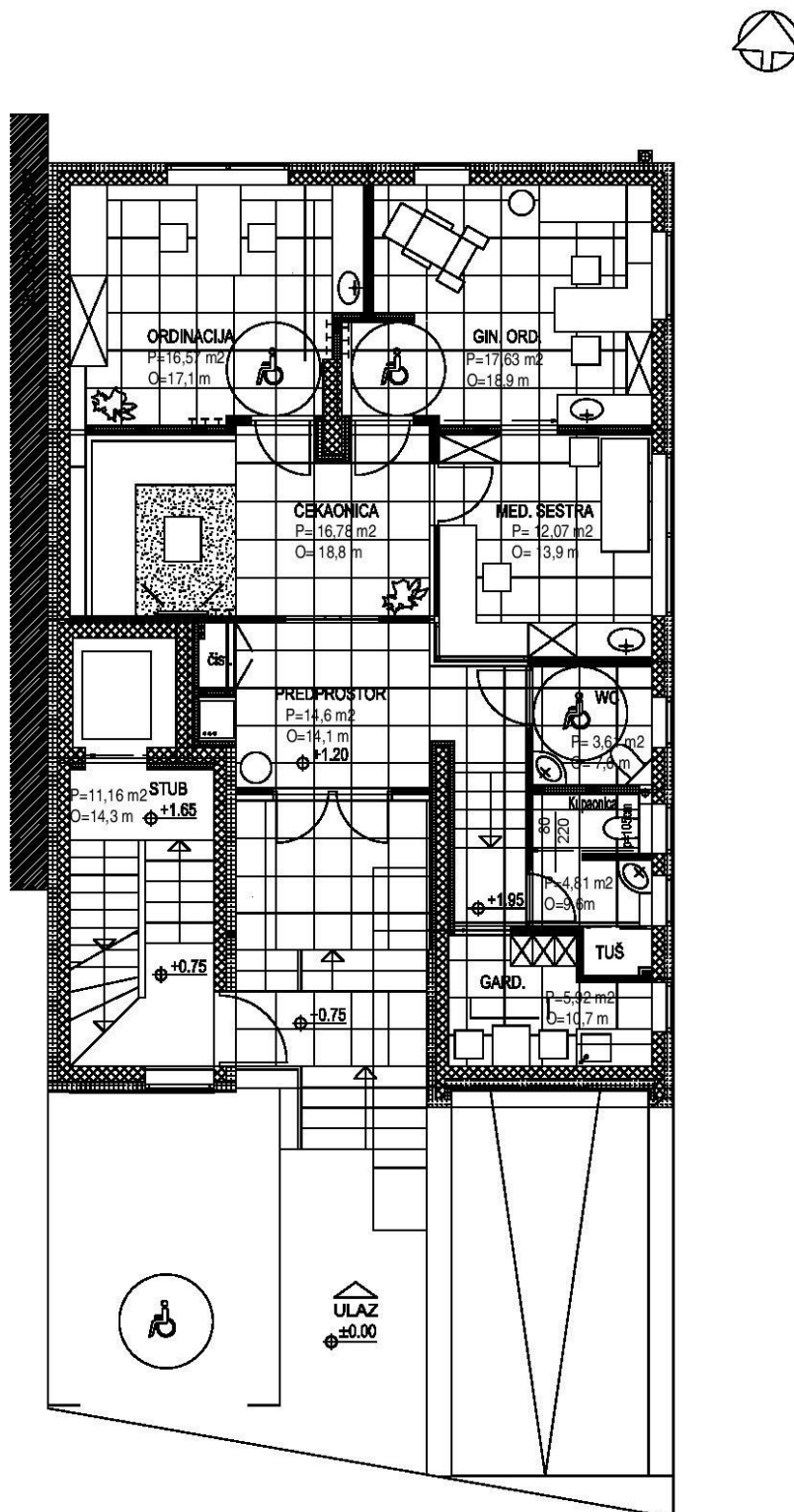
aluminijaska s trostrukim izo staklom (ispuna inertnim plinom između stakala, 2 x Low-E premaz).

U tablici 2 prikazani su koeficijenti prolaza topline vanjske ovojnice zgrade  $U$  [ $W/(m^2K)$ ] koji se koriste za proračun projektnih toplinskih gubitaka i projektnog toplinskog opterećenja. Vidljivo je da vrijednosti koeficijenata prolaza topline zadovoljavaju najveće dopuštene vrijednosti koje su određene Tehničkim propisom.

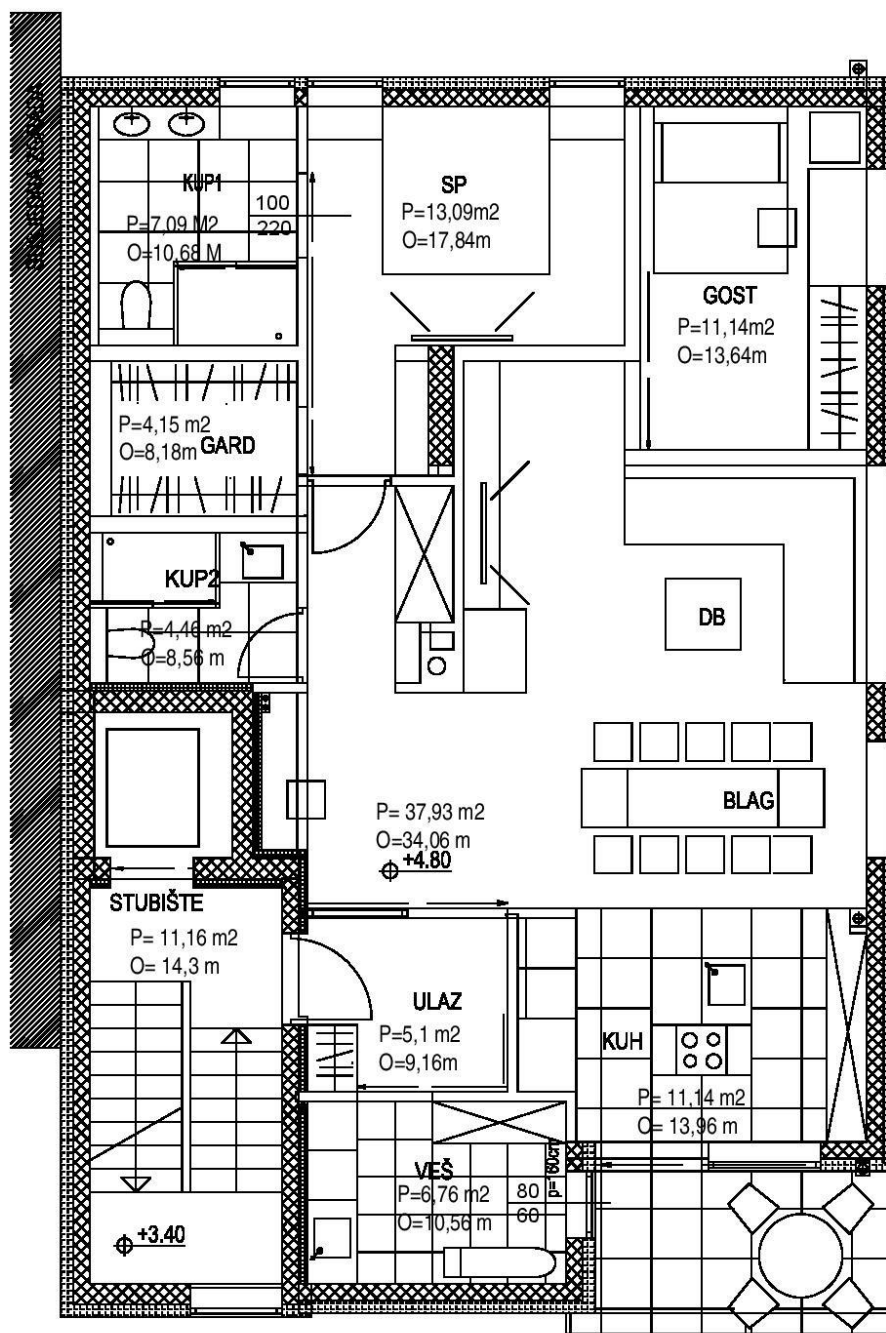
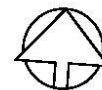
**Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline vanjske ovojnice zgrade**

Oznaka	Građevni dio	$U$ [ $W/(m^2K)$ ]	$U_{max}$ [ $W/(m^2K)$ ]
p-prozor	Prozor	1,000	1,400
vz-vanjski zid	Vanjski zid	0,220	0,300
v-vrata	Vrata	1,800	2,000
rk-ravni krov	Strop	0,170	0,250
pt1-pod terase 1	Strop	0,200	0,250
pt2-pod terase 2	Strop	0,130	0,250
sing-strop iznad negrijane garaže	Strop	0,170	0,250
sivp-strop iznad vanjskog prostora	Strop	0,160	0,250
zps-zid prema stubištu	Unutarnji zid	0,240	0,400

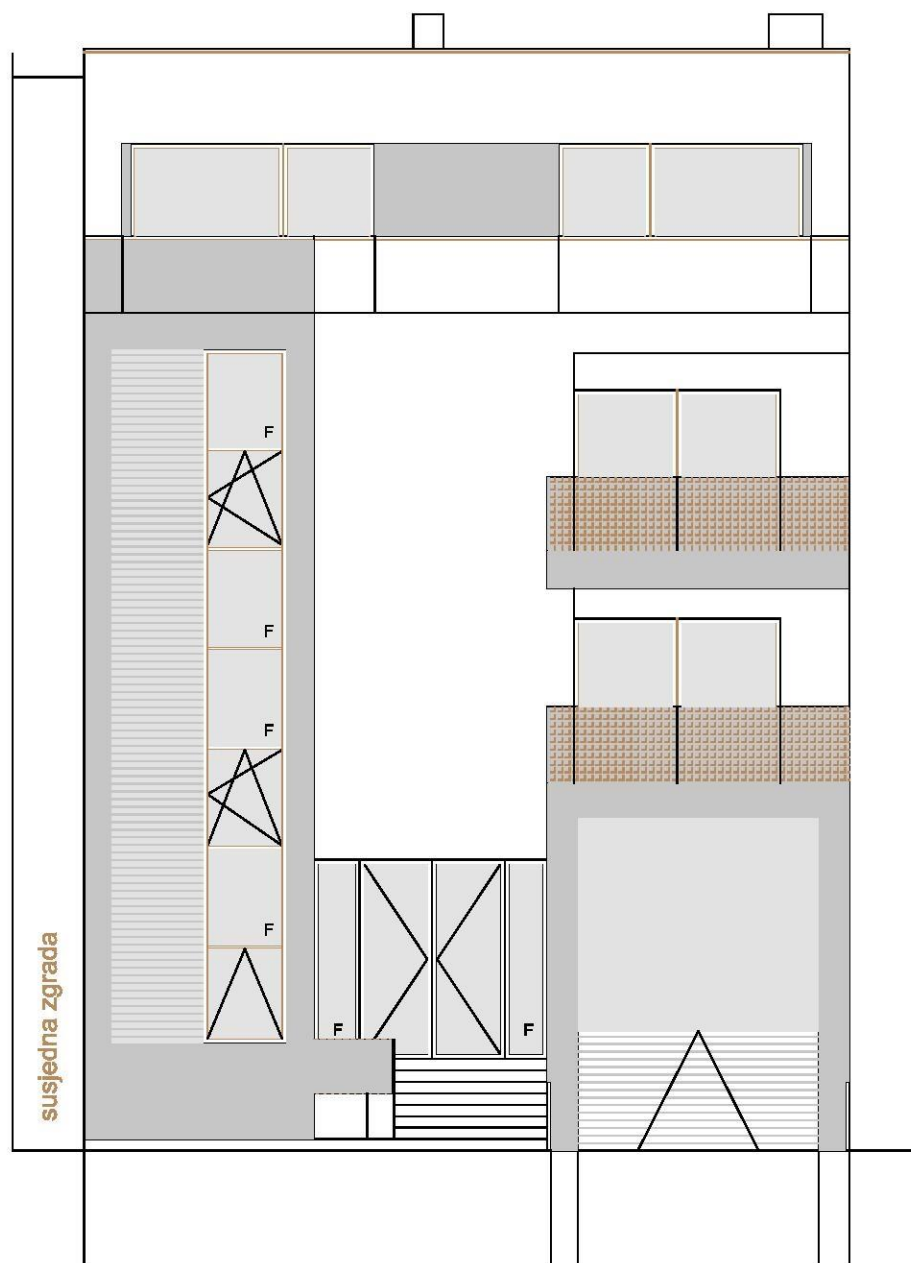
Na slikama 10., 11., 12., 13., 14., 15. i 16. su prikazane arhitektonske podloge (karakteristični tlocrti i pročelje zgrade).



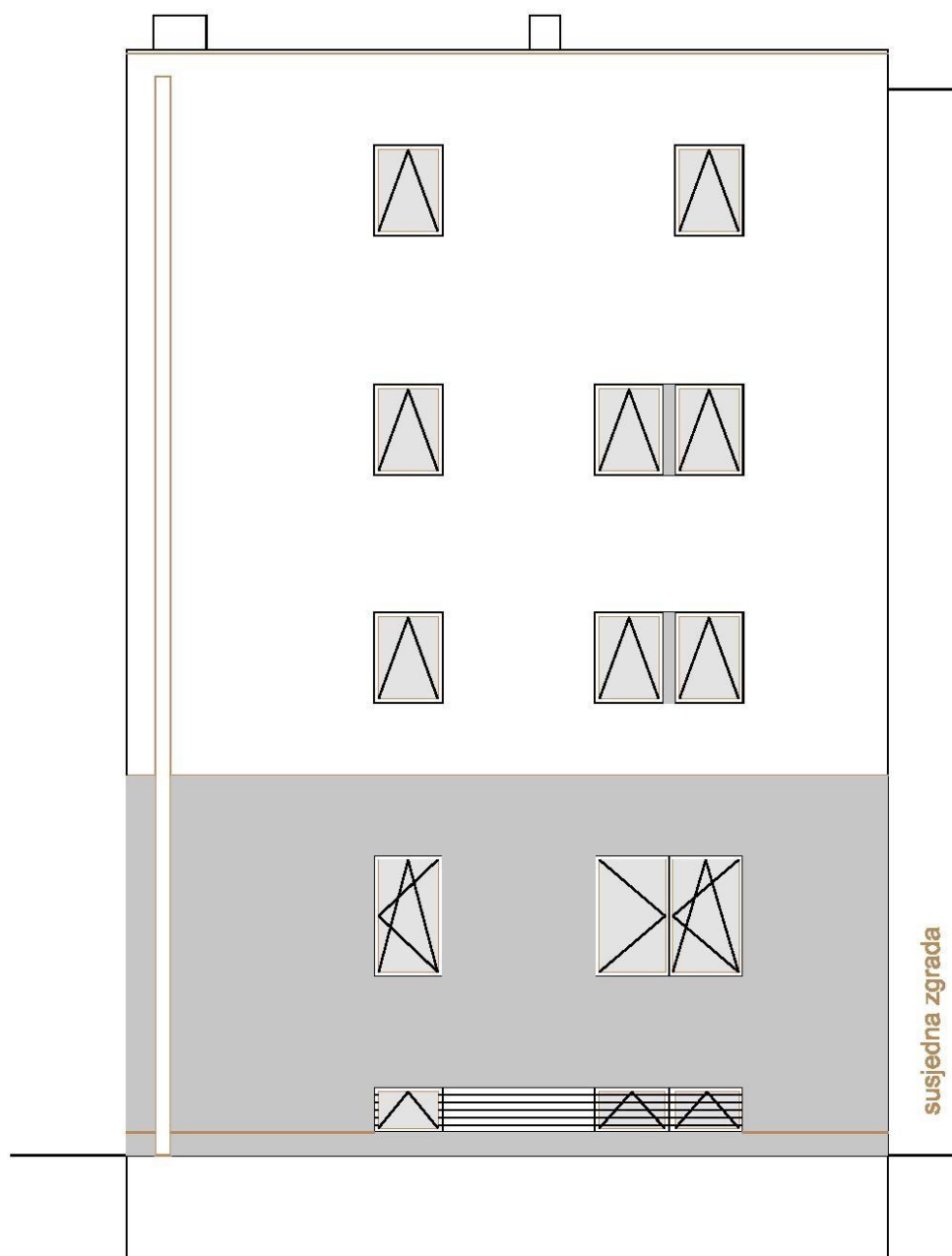
Slika 10. Tlocrt prizemlja



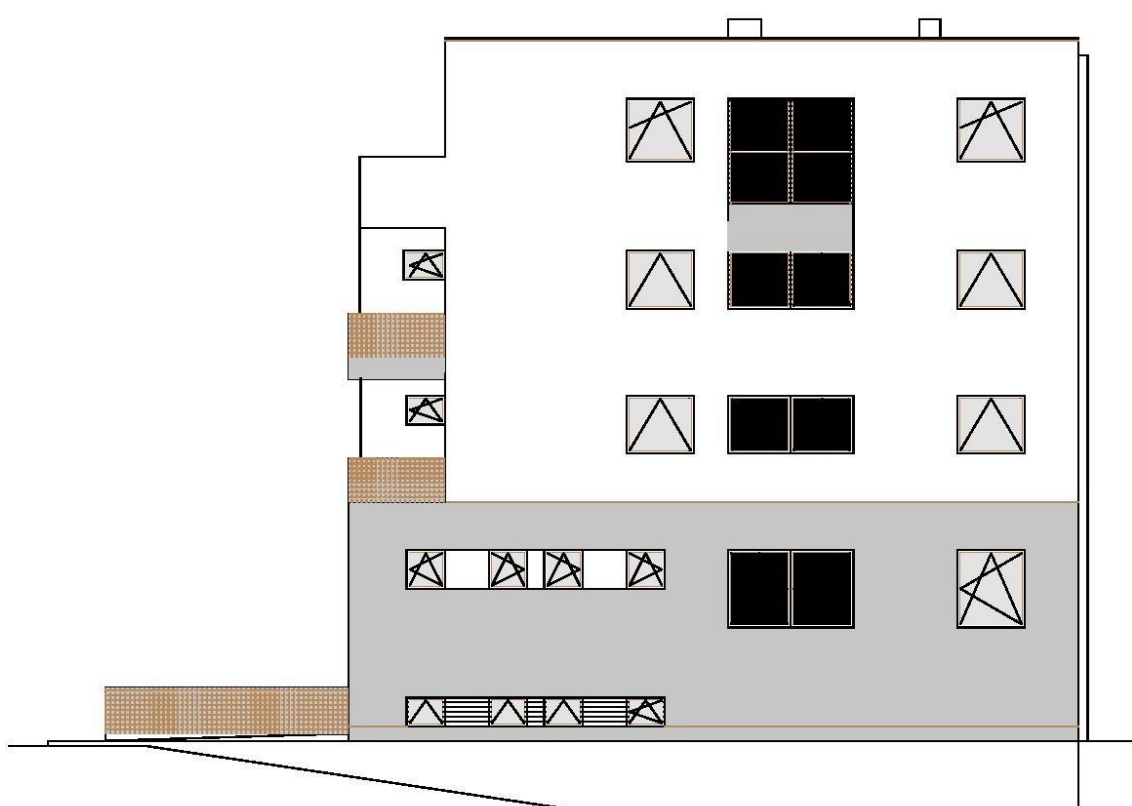
Slika 11. Tlocrt 1. kata



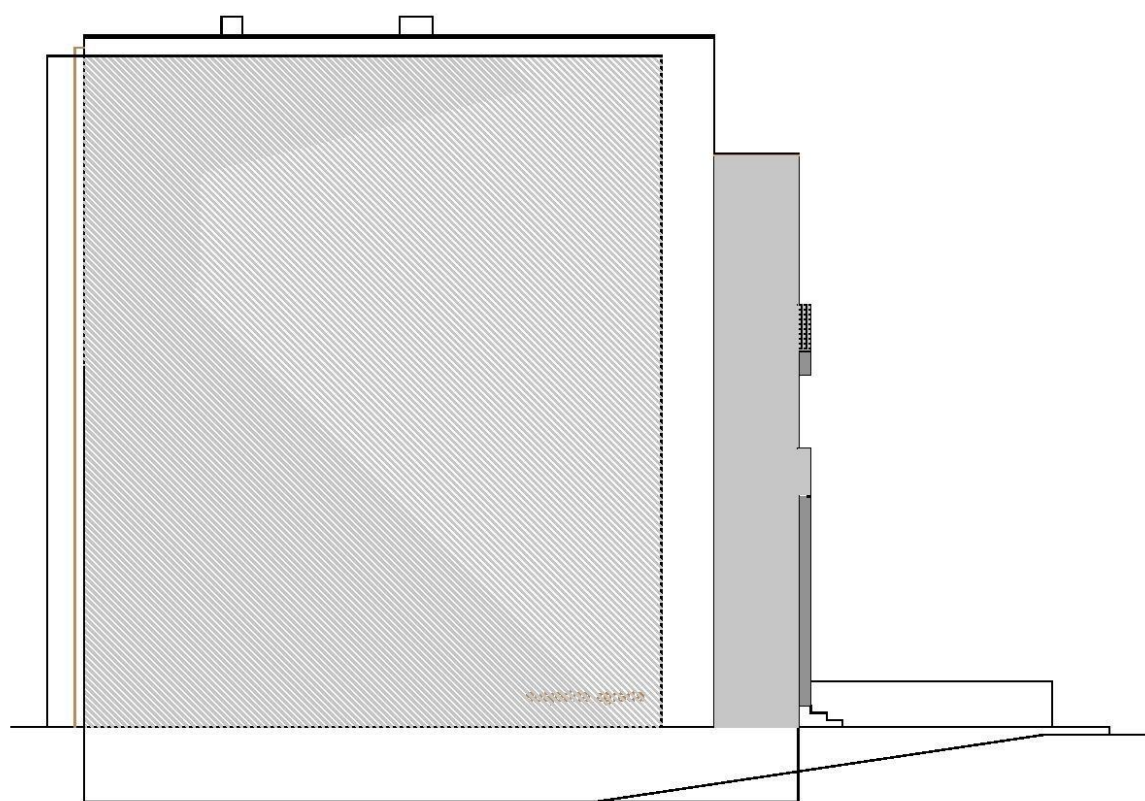
Slika 12. Južno pročelje zgrade



Slika 13. Sjeverno pročelje zgrade



**Slika 14. Istočno pročelje zgrade**



**Slika 15. Zapadno pročelje zgrade**



## 2.1. Postupak projektiranja sustava hlađenja, grijanja i ventilacije [1]

Nakon što je zadan projektni zadatak kojim se definira sustav grijanja, hlađenja, pripreme PTV-a i ventilacije predmetne zgrade, potrebno je razraditi tehničko rješenje sustava prema sljedećim osnovnim koracima:

- proračun projektnih toplinskih gubitaka i projektnog toplinskog opterećenja
- dimenzioniranje i odabir ogrjevnih tijela,
- dimenzioniranje i odabir izvora ogrjevnog/rashladnog učina
- proračun i dimenzioniranje cjevovoda s ventilima i pripadajućom armaturom,
- dimenzioniranje i odabir pumpe (ukoliko se radi o sustavu s prisilnom cirkulacijom),
- dimenzioniranje i odabir ekspanzijskog sustava,
- dimenzioniranje i odabir dimnjaka (ukoliko postoji loženje goriva),
- dimenzioniranje i odabir solarnog sustava,
- dimenzioniranje i odabir ventilacijskog sustava

Projekt se također sastoji od grafičkog dijela:

- tlocrtna dispozicija opreme s potrebnim presjecima i detaljima,
- funkcionalna shema spajanja sustava i shema regulacije,
- shema usponskih vodova.

### **3. TOPLINSKA BILANCA ZGRADE ZA ZIMSKO I LJETNO RAZDOBLJE**

Za odabir odgovarajućeg kapaciteta izvora rashladnog i ogrjevnog učina potrebno je postaviti toplinsku bilancu zgrade za ljetno i za zimsko razdoblje.

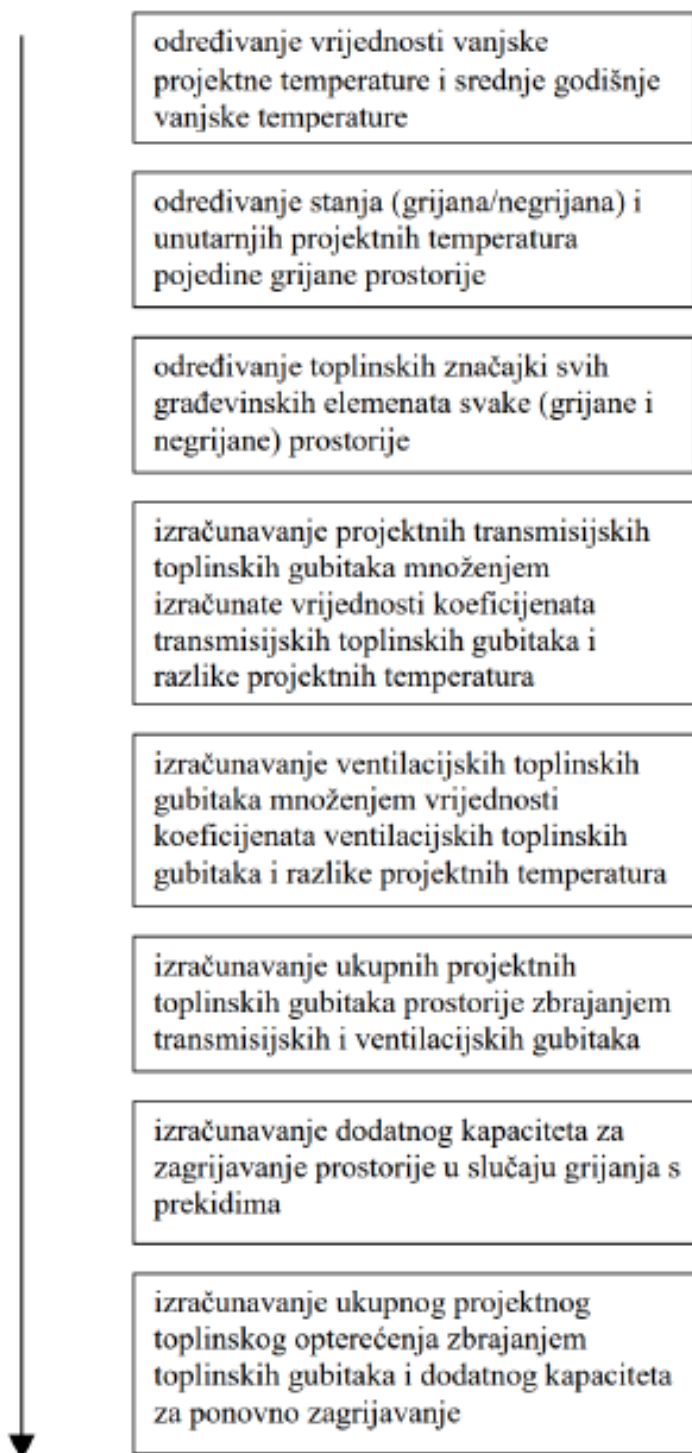
U zimskom razdoblju se projektni toplinski gubici izračunavaju prema normi HRN EN 12831 odnosno definira se potrebni ogrjevni učin za održavanje unutarnje projektne temperature pri vanjskim projektnim uvjetima. Proračun definiran navedenom normom u obzir uzima transmisijske i ventilacijske gubitke kao i dodatni potrebni kapacitet uslijed intermitentnog načina rada (grijanje s prekidima) dok su unutarnji i solarni toplinski dobici zanemareni kao svojevrsna sigurnost.

Za ljetno razdoblje se projektno toplinsko opterećenje izračunava prema smjernici VDI 2078 koja u obzir uzima transmisijske toplinske dobitke, solarne toplinske dobitke, unutarnje dobitke i dobitke uslijed ventilacije. Proračun projektnih toplinskih gubitaka i projektnog toplinskog opterećenja napravljen je računalnim programom IntegraCAD 2017.

### 3.1. Proračun projektnih toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831

#### 3.1.1. Postupak proračuna

Na slici 16. prikazan je dijagram tijeka proračuna prema normi HRN EN 12831.



Slika 16. Dijagram tijeka proračuna prema normi HRN EN 12831 [1]

Unutarnje projektne temperature su odabrane prema normi HRN EN 12831 ovisno namjeni prostorije dok su vanjska projektna temperatura i srednja godišnja vanjska temperatura zraka preuzete iz priloga E Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN128/15 [16] (u daljnjem tekstu Tehnički propis). Grijani i negrijani prostor zgrade određeni su u opisu zgrade (poglavlje 2.). Tablice 3. i 4. prikazuju unutarnje projektne temperature, vanjsku projektnu temperaturu i srednju godišnju vanjsku temperaturu.

**Tablica 3. Vanjska projektna temperatura, srednja godišnja vanjska temperatura**

Vanjska projektna temperatura - $\vartheta_e$	-12,8°C
Srednja godišnja vanjska temperatura - $\vartheta_{m,e}$	11,6°C

**Tablica 4. Unutarnje projektne temperature**

Vrsta prostorije	Unutarnja projektna temperatura prostora - $\vartheta_{int,i}$
Sve prostorije osim kupaonica i ordinacija	20°C
Kupaonice, ordinacije	24°C

Za potrebe proračuna nužno je poznavati fiziku zgrade (toplinska svojstva vanjske ovojnice zgrade i masivnost zgrade). Fizika zgrade je preuzeta iz arhitektonskih podloga te su koeficijenti prolaza topline prikazani u tablici 2.

Projektne toplinski gubici se računaju za svaku grijanu prostoriju te se njihovim zbrajanjem dobivaju ukupni projektne toplinski gubici cijele zgrade. Toplinski gubici prostorije se sastoje transmisivskih gubitaka i ventilacijskih gubitaka te se računaju prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [W] \quad (3)$$

- $\Phi_i$  - projektne toplinski gubici topline prostorije [W]
- $\Phi_{T,i}$  - projektne transmisivski gubici topline prostorije [W]
- $\Phi_{V,i}$  - projektne ventilacijski gubici topline prostorije [W]

Transmisijski gubici topline su gubici uslijed izmjene topline kroz građevne elemente prema vanjskom okolišu, prema negrijanim prostorijama, prema tlu i prema grijanim prostorijama različite temperature te se računaju prema izrazu:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad [W] \quad (4)$$

- $H_{T,ie}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K]
- $H_{T,iue}$  - koeficijent transmijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prema vanjskom okolišu [W/K]
- $H_{T,ig}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora tlu [W/K]
- $H_{T,ij}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature [W/K]
- $\vartheta_{int,i}$  - unutarnja projektna temperatura prostora [°C]
- $\vartheta_e$  - vanjska projektna temperatura [°C]

Koeficijent transmisijskih gubitaka prema vanjskom okolišu se računa prema sljedećem izrazu:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k + \sum_j \psi_j \cdot l_j \quad [W/K] \quad (5)$$

- $A_k$  - površina plohe "k" (zid, pod, strop, prozor, vrata) kroz koju prolazi toplina [m<sup>2</sup>]
- $U_k$  - koeficijent prolaza topline građevnog elementa (plohe) "k" [W/(m<sup>2</sup>K)]
- $l_j$  - duljina linijskog toplinskog mosta "j" između vanjskog okoliša i prostorije [m]
- $\psi_j$  - linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta "j" [W/(mK)]

Površine ploha su izračunate iz arhitektonskih podloga. Prema Tehničkom propisu se toplinski most definira kao „*manje područje u ovojnici grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene proizvoda, debljine ili geometrije građevnog dijela*“.

Zbog jednostavnosti, gubici kroz toplinske mostove nisu detaljno proračunati nego je utjecaj toplinskih mostova uzet u obzir povećanjem koeficijenta prolaza topline  $U$  svakog rađevnog dijela koji ulazi u gubitke prema vanjskom okolišu za  $\Delta U_{TM}=0,02 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

Koeficijent transmisijskih gubitaka preko negrijanih prostora se računa prema sljedećem izrazu:

$$H_{T,ius} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_j \psi_j \cdot l_j \cdot b_u \quad [\text{W/K}] \quad (6)$$

- $A_k$  - površina plohe "k" (zid, pod, strop, prozor, vrata) kroz koju prolazi toplina [ $\text{m}^2$ ]
- $U_k$  - koeficijent prolaza topline građevnog elementa (plohe) "k" [ $\text{W/(m}^2\text{K)}$ ]
- $l_j$  - duljina linijskog toplinskog mosta "j" između negrijanog prostora i prostorije [ $\text{m}$ ]
- $\psi_j$  - linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta "j" [ $\text{W/(mK)}$ ]
- $b_u$  - faktor smanjenja temperature razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu [-]

Površine ploha su izračunate iz arhitektonskih podloga dok su toplinski mostovi prema negrijanim prostorijama zanemareni. Faktor smanjenja temperature razlike se definira kao:

$$b_u = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_u}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_s} \quad [^\circ\text{C}] \quad (7)$$

- $\vartheta_u$  - projektna temperatura negrijanog prostora [ $^\circ\text{C}$ ]

Temperatura negrijanog prostora se može računati, ukoliko nije poznata, ili se može uzeti vrijednost preporučena normom HRN EN 12831 koja za podrum iznosi 0,8 odnosno 0,4 za stubište i okno dizala.

Koeficijent transmisijskih gubitaka prema tlu se računa prema sljedećem izrazu:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_W \quad [W/K] \quad (8)$$

- $f_{g1}$  - korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature, predložena vrijednost 1,45 [-]
- $f_{g2}$  - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske temperature i projektne vanjske temperature [-]
- $A_k$  - površina plohe "k" ( pod) kroz koju prolazi toplina [ $m^2$ ]
- $U_{equiv,k}$  - ekvivalentni koeficijent prolaza topline poda "k" iz tablica i dijagrama ovisno tipologiji poda [ $W/(m^2K)$ ]
- $G_W$  - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode [-]

Faktor smanjenja temperaturne razlike se definira kao:

$$f_{g2} = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_{m,e}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e} \quad [^\circ C] \quad (9)$$

- $\vartheta_{m,e}$  - srednja godišnja vanjska temperatura [ $^\circ C$ ]

U ovom radu nisu računati gubici prema tlu iz razloga što je etaža podruma, koja je u dodiru s tlom, negrijana.

Koeficijent transmisijskih gubitaka preko grijanih prostora različite temperature se računa prema sljedećem izrazu:

$$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij} \quad [W/K] \quad (10)$$

- $A_k$  - površina plohe "k" (zid, pod, strop, prozor, vrata) kroz koju prolazi toplina [m<sup>2</sup>]
- $U_k$  - koeficijent prolaza topline građevnog elementa (plohe) "k" [W/(m<sup>2</sup>K)]
- $f_{ij}$  - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i projektne vanjske temperature [-]

Faktor smanjenja temperaturne razlike se definira kao:

$$f_{ij} = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_{ads}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e} \quad [^{\circ}C] \quad (11)$$

- $\vartheta_{ads}$  - temperatura susjednog prostora [°C]

Ova vrsta gubitaka se pojavljuje jedino kod kupaoonica i ordinacija iz razloga što se griju na temperaturu koja je za 4°C viša u odnosu na unutarnje projektne temperature ostalih prostorija. Međutim, iznos tih gubitaka je zanemariv.

U prostorijama je predviđena lokalna mehanička ventilacija s visokim stupnjem povrata topline. Unatoč tomu, ventilacijski gubici su proračunati kao da je zgrada bez ventilacijskog sustava iz razloga što za predmetnu zgradu ne postoje strogi ventilacijski zahtjevi. Uzimanjem ventilacijskog sustava u obzir projektni ventilacijski gubici bi zbog visokog stupnja povrata topline bili manji nego u slučaju kada se pretpostavlja da mehanička ventilacija ne postoji te stoga odabrani pristup služi kao svojevrsna sigurnost u slučaju da sustav ventilacije nije u funkciji. Pretpostavljen je protok zraka na temelju minimalnog higijenskog broja izmjena zraka [16] koji iznosi  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$  za sve prostorije s vanjskim otvorima te da zrak koji ulazi u prostor ima svojstva vanjskog zraka. Za prostorije bez vanjskih otvora se pretpostavlja da nemaju ventilacijske gubitke. Prema normi HRN EN 12831, za protok u zgradama bez mehaničke ventilacije se uzima veća vrijednost između infiltracijskog protoka kroz zazor i protoka izračunatog na temelju minimalnog higijenskog broja izmjena. Međutim, kako je predmetna zgrada niske zrakopropusnosti, infiltracijski protok je za red veličine manji u odnosu na minimalni higijenski protok. Projektni ventilacijski gubitak prostorije se računa prema sljedećem izrazu:



$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \quad [W] \quad (12)$$

- $H_{V,i}$  - koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka (proračunska vrijednost iznosi  $(0,34 \cdot V_i)$  za standardna svojstva zraka)  $[W/K]$
- $\vartheta_{int,i}$  - unutarnja projektna temperatura prostora  $[^{\circ}C]$
- $\vartheta_e$  - vanjska projektna temperatura  $[^{\circ}C]$

Koeficijent ventilacijskih gubitaka, koji uzima u obzir gustoću, toplinski kapacitet i volumni protok zraka, se računa prema sljedećem izrazu:

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [W/K] \quad (13)$$

- $V_i$  - volumni protok zraka u grijani prostor  $[m^3/s]$
- $\rho$  - gustoća zraka  $[kg/m^3]$
- $c_p$  - specifični toplinski koeficijent zraka,  $[J/kg]$

Volumni protok zraka u grijani prostor računa se prema sljedećem izrazu:

$$V_i = n_{min} \cdot V_{p,i} \quad [m^3/h] \quad (14)$$

- $n_{min}$  - minimalni higijenski broj izmjena zraka  $[h^{-1}]$
- $V_{p,i}$  - volumen zraka u prostoriji  $[m^3]$

Zbroju transmisijskih i ventilacijskih gubitaka prostorije dodaje se i toplinski tok potreban za naknadno zagrijavanje prostora zbog prekida grijanja. Toplinski tok za naknadno zagrijavanje ovisi o toplinskom kapacitetu elemenata građevine, vremenu zagrijavanja, temperaturnom padu tijekom prekida grijanja i svojstvima regulacije. U slučaju prekida grijanja noću, temperatura u prostoriji pada u iznosu ovisnom o toplinskoj tromosti zgrade. Kod dobro izoliranih masivnih zgrade je taj pad temperature manji.

Dodatni potrebni kapacitet uslijed intermitentnog načina rada se računa prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [W] \quad (15)$$

- $A_i$  - površina grijane prostorije [ $m^2$ ]
- $f_{RH}$  - korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida grijanja [ $W/m^2$ ]

Na temelju pretpostavljenog pada temperature ( $2^\circ C$ ) i vremena zagrijavanja (3 sata) prema normi HRN EN 12831 odabran je faktor u iznosu  $f_{RH} = 5 W/m^2$ . Dodatni kapacitet se ne uzima za prostorije koje nemaju gubitke.

Projektni toplinski gubici za pojedinačnu prostoriju se računaju zbrajanjem transmisijskih i ventilacijskih gubitaka te dodatka zbog prekida grijanja prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (16)$$

Ukupni projektni toplinski gubici za cijelu zgradu se računaju prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (17)$$

### 3.1.2. Primjer proračuna za jednu prostoriju

U nastavku je prikazan detaljni proračun za reprezentativnu prostoriju proveden u računalnom programu Microsoft Excel. Kao reprezentativna prostorija je odabran je vešeraj na 1. katu koji graniči s vanjskim i negrijanim prostorom. U tablici 5. prikazan je proračunski postupak s rezultatima. Površine zidova su umanjene za površinu otvora koji se nalaze na njima.

**Tablica 5. Prikaz proračuna za reprezentativnu prostoriju**

<b>Vešeraj 1. kat</b>										
$\vartheta_{int,i}$		20°C								
Korisna površina prostorije		6,76 m <sup>2</sup>								
Visina		2,55 m								
V <sub>p,i</sub>		17,24 m <sup>3</sup>								
n <sub>min</sub>		0,5 h <sup>-1</sup>								
V <sub>i</sub>		8,62 m <sup>3</sup> /h								
H <sub>v,i</sub>		2,93 W/K								
f <sub>RH</sub>		5 W/m <sup>2</sup>								
Grad. element	Ploha prema	Orijen.	D [m]	V/Š [m]	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	ϑ <sub>e</sub> , ϑ <sub>ads</sub> [°C]	b <sub>u</sub> [-]	H <sub>T,ie</sub> , H <sub>T,iue</sub> [W/K]	Φ <sub>T,i</sub> [W]
p-prozor	okolici	I	0,80	0,60	0,48	1,02	- 12,8	-	0,490	16
vz-vanjski zid	okolici	I	1,70	3,00	4,62	0,24	- 12,8	-	1,109	36
vz-vanjski zid	okolici	J	3,60	3,00	10,80	0,24	- 12,8	-	2,592	85
sivp-strop iznad vanjskog prostora	okolici	horiz.	7,90	1,00	7,90	0,18	- 12,8	-	1,422	46
zps-zid prema negrijanom stubištu	negr. prostoriji	horiz.	2,59	3,00	7,77	0,24	7,0	0,40	0,735	24
						Projektni transmisijski gubici prostorije, Φ <sub>T,i</sub> [W]				<b>209</b>
						Projektni ventilacijski gubici prostorije, Φ <sub>V,i</sub> [W]				<b>97</b>
						Dodatak zbog prekida grijanja, Φ <sub>RH,i</sub> [W]				<b>33</b>
						Projektni toplinski gubici prostorije, Φ <sub>HL,i</sub> [W]				<b>339</b>

### 3.1.3. Prikaz rezultata proračuna projektnih toplinskih gubitaka

U tablici 6. su prikazani rezultati proračuna za sve grijane prostorije u zgradi. Pojedine prostorije, iako čine grijani prostor, nemaju gubitke jer su sa svih strana okružene susjednim grijanim prostorima.

**Tablica 6. Rezultati proračuna projektnih toplinskih gubitaka**

	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$\vartheta_{int,i}$ [°C]	$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{RH,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]	$q_{HL,i}$ [W/m <sup>2</sup> ]
<b>POSLOVNI PROSTOR</b>							
<b>Prizemlje</b>							
Ordinacija	16	20	372	302	82	713	45
Gin. Ordinacija	17	20	521	360	88	871	51
Čekaonica	16	20	120	0	83	203	13
Medicinska sestra	12	20	282	220	60	562	47
Predprostor	14	20	449	266	73	788	56
WC	3	20	114	66	18	198	66
Kupaonica	4	24	156	76	24	256	64
Garderoba	5	20	293	84	29	406	81
<b>Prizemlje ukupno:</b>			<b>2307</b>	<b>1374</b>	<b>457</b>	<b>3997</b>	
<b>STAN 1</b>							
<b>1. kat</b>							
Kupaonica 1	7	24	108	114	35	257	37
Spavaća soba	13	20	149	187	65	401	31
Gostinska soba	11	20	226	159	55	440	40
Garderoba	4	20	0	0	0	0	0
Dnevni boravak i blagovaonica	37	20	284	543	189	1016	27
Kupaonica 2	4	24	0	0	0	0	0
Ulaz	5	20	49	0	0	49	10
Kuhinja	11	20	319	159	55	533	48
Vešeraj	6	20	209	97	33	339	57
<b>1. kat ukupno:</b>			<b>1344</b>	<b>1259</b>	<b>432</b>	<b>3035</b>	
<b>STAN 2</b>							
<b>2. kat</b>							
Kupaonica	7	24	111	120	35	266	38
Spavaća soba	10	20	153	165	54	372	37
Garderoba	7	20	205	117	23	345	49
WC	3	20	0	0	0	0	0
Hodnik	11	20	0	0	0	0	0
Dnevni boravak i blagovaonica	37	20	614	832	188	1634	44
Ulaz	5	20	21	0	0	21	4
Kuhinja	11	20	340	169	55	564	51

Vešeraj	6	20	189	102	33	324	54
<b>2. kat ukupno:</b>		24	<b>1633</b>	<b>1505</b>	<b>388</b>	<b>3526</b>	38
Kupaonica	10	24	211	179	42	432	43
Teretana	19	20	376	379	57	812	43
Galerija	16	20	151	0	81	232	15
Spavaća soba 1	17	20	462	259	87	808	48
Spavaća soba 2	17	20	593	255	68	916	54
<b>3. kat ukupno:</b>			<b>1793</b>	<b>1072</b>	<b>335</b>	<b>3200</b>	
<b>UKUPNO:</b>			<b>7077</b>	<b>5247</b>	<b>1612</b>	<b>13936</b>	<b>38</b>

Iz tablice 6. je vidljivo da ukupni projektni toplinski gubici zgrade proračunati prema HRN EN 12831 iznose 13936 W odnosno 13,94 kW te se ta vrijednost koristi za dimenzioniranje ogrjevnih tijela. Vidljivo je da su transmisijski i ventilacijski podjednaki. Uzrok tomu je činjenica da je vanjska ovojnice zgrade kvalitetno toplinski izolirana čime je udio transmisijskih gubitaka u ukupnim gubicima značajno smanjen u odnosu na gubitke postojećih zgrada s niskom razinom toplinske zaštite.

### 3.2. Proračun projektnog toplinskog opterećenja prema VDI 2078

Postupak proračuna projektnog toplinskog opterećenja se značajno razlikuje od proračuna gubitaka prema normi HRN EN 12831. U proračunu gubitaka su zanemareni solarni dobici (mehanizam izmjene topline je zračenje) kao svojevrsna sigurnost te se projektni toplinski gubici sastoje uglavnom od transmisijskih i ventilacijskih gubitaka koji neposredno ovise o relativno velikoj razlici unutarnje i niske vanjske projektne temperature. Kao posljedica navedenog, prilikom proračuna gubitaka je zanemarena toplinska tromost zgrade odnosno svojstvo akumulacije toplinske energije građevnih dijelova zgrade te se proračun bazira na stacionarnom stanju u jednom vremenskom trenutku. Nasuprot tomu, solarni toplinski dobici značajno utječu na toplinsko opterećenje zgrade te ih prilikom proračuna nije moguće zanemariti. Solarni dobici se akumuliraju u građevnim elementima i ostalim predmetima unutar zgrade koji su izloženi sunčevom zračenju te postaju toplinsko opterećenje tek kada ozračeni građevni elementi i predmeti poprime temperaturu višu od unutarnjeg zraka pri čemu dolazi do konvektivnog prijenosa topline na unutarnji zrak.

Proračun dan smjernicom VDI 2078 se temelji na TFM metodi (metoda prijenosnih funkcija). Navedena metoda izračunava toplinske dobitke te s vremenskim pomakom pretvara u toplinsko opterećenje. Uzrok toplinskog opterećenja su vanjski i unutarnji dobici. Vanjski

dobici prostorije su posljedica transmisivskih i ventilacijskih dobitaka kroz vanjsku ovojnicu prostorije (zidove, prozore, vrata, stropove...) te sunčevog zračenja kroz ostakljenje elemente koje predstavlja najznačajniji dobitak. Unutarnji dobitci su posljedica boravka osoba u prostorijama, rasvjete, različitih uređaja i opreme te dobitaka kroz unutarnje plohe. U oba slučaja se razlikuju konvektivni udio dobitaka, koji predstavlja trenutno opterećenje prostorije i udio dobitaka zračenjem, koji s određenim vremenskim pomakom predstavlja toplinsko opterećenje prostorije. Trajanje vremenskog pomaka ovisi o svojstvima i masivnosti građevnih elemenata i ostalih predmeta. Masivnijim predmetima temperatura sporije raste nego laganijim (sporiji proces akumulacije energije) te će kod masivnih zgrada vremenski pomak biti veći. U smjernici VDI 2078 se vremenski pomak uzima u obzir pomoću faktora  $\Delta z$  i faktora toplinskog opterećenja  $S_i$  koji ovise o vrsti i masivnosti prostorije, početku toplinskog opterećenja, udjelu konvektivne komponente, kutu i orijentaciji upada sunčevog zračenja, napravi za zaštitu od sunčevog zračenja i ostalim parametrima. Kako intezitet sunčevog zračenja nije konstantan tijekom dana, proračun kojim se određuje projektno opterećenje je kvazistacionaran te se provodi za više sati u karakterističnom danu određenog mjeseca te za više mjeseci.

### 3.2.1. Postupak proračuna

Smjernica VDI 2078 daje dvije proračunske metode: jednostavnu i složenu. Iako je u ovom radu korištena jednostavna metoda, zbog složenosti proračunskog postupka, u nastavku su prikazane samo osnovne jednadžbe i pretpostavke. Jednostavna metoda proračuna se provodi uz sljedeće pretpostavke i osnovne ulazne podatke:

- jednolika i konstantna temperatura u prostoriji;  $\vartheta_{int,i} = 26^{\circ}\text{C}$
- kvazistacionarno stanje
- periodični unutarnji i vanjski dobitci (četiri tipska vremenska rasporeda za unutarnje dobitke- korišteno 08:00-20:0 h ; 07:00-12:00/14:00-17:00)
- neprekidni rad sustava hlađenja (24-satni rad)
- konstantna vrijednost faktor koji uzima u obzir utjecaj naprava za zasjenjenje i stupanj propuštanja sunčevog zračenja kroz ostakljenje;  $b = 0,20$  ili  $0,25$
- udio konvekcijskih dobitaka od rasvjete i strojeva : 30%
- broj osoba: ordinacija - 3 (lagani rad), čekaonica - 4 (lagani rad), soba za medicinske sestre - 2 (lagani rad), garderoba - 1 (lagani rad), dnevni boravak i

blagovaonica - 8 (lagani rad), kuhinja - 1 (lagani rad), galerija - 2 (lagani rad),  
teretana - 2 (teški rad)

Prostorije gdje je povećano ishlapljivanje vode (kupaonice i vešeraji), koje uzrokuje porast relativne vlažnosti zraka, se ne hlade. Razlog tomu je što zbog visoke relativne vlažnosti zraka postoji opasnost od neželjenog izdvajanja vlage na površinama zidova i poda koje uzrokuje građevinsku štetu ili pojavu plijesni. Prostori garaže, okna dizala i stubište se također ne hlade. Meteorološki podaci o dnevnom kretanju vanjske temperature i inteziteta sunčevog zračenja na razini sata su u smjernici dani za četiri tipske meteorološke zone. Prilikom proračuna je odabrana zona 3 jer je najbližnja meteorološkim podacima iz grada Zagreba.

Toplinsko opterećenje hlađene prostorije se u svakom vremenskom trenutku (koraku) računa za zadanu unutarnju projektnu temperaturu prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_{KR}(t) = \Phi_I(t) + \Phi_A(t) \quad [W] \quad (18)$$

- $\Phi_{KR}$  - toplinsko opterećenje prostorije [W]
- $\Phi_I$  - unutarnji toplinski dobici prostorije [W]
- $\Phi_A$  - vanjski toplinski dobici prostorije [W]

Unutarnji toplinski dobici se sastoje od dobitaka od osoba, dobitaka od rasvjete, dobitaka od strojeva i uređaja, dobitaka od prolaznog materijala kroz prostoriju, dobitaka preko unutarnjih površina prema susjednim prostorijama i ostalih izvora topline kao što je prikazano sljedećim izrazom:

$$\Phi_I = \Phi_P + \Phi_B + \Phi_M + \Phi_G + \Phi_C + \Phi_R \quad [W] \quad (19)$$

- $\Phi_P$  - toplinski dobici od osoba [W]
- $\Phi_B$  - toplinski dobici od rasvjete [W]
- $\Phi_M$  - toplinski dobici od strojeva i uređaja [W]
- $\Phi_G$  - toplinski dobici od prolaznog materijala kroz prostoriju [W]

- $\Phi_C$  - toplinski dobici od susjednih prostorija [W]
- $\Phi_R$  - toplinski dobici od ostalih izvora [W]

Dobici od osoba su uzeti u obzir jedino u dnevnom boravku, blagovaonici, kuhinji, galeriji i teretani jer u tim prostorijama ljudi borave duže vrijeme. U ostalim prostorijama se ljudi preko dana zadržavaju vrlo kratko stoga su u tom periodu dobici od osoba zanemarivi. Također, u razdoblju kada se ostale prostorije koriste najviše koriste (večernji i noćni period), solarni dobici su zanemarivi. Iz istog razloga, ali i činjenice da će se u zgradi koristiti energetske učinkovite rasvjete koja emitira relativno malo toplinsko zračenje, zanemareni su dobici od rasvjete u stambenim jedinicama. U poslovnom prostoru je uzet u obzir utjecaj rasvjete s procijenjenim toplinskim dobitcima od  $3 \text{ W/m}^2$  zbog konstantnog rada rasvjete uvjetovanog zahtjevima na osvijetljenost. Dobici od susjednih prostorija su računati na način da je u nehladenim prostorijama pretpostavljena temperatura zraka od  $30^\circ\text{C}$ . Dobici od nehladenog podruma su zanemareni iz razloga što je podrum dobro izoliran i ukopan. Navedene pretpostavke o temperaturama u nehladenim prostorijama su definirane u smjernici VDI 2078.

Vanjski toplinski dobici se sastoje od toplinskih dobitaka preko neprozirnih masivnih ploha (zidovi, stropovi, vrata...), toplinskih dobitaka preko prozirnih nemasivnih ploha (prozori), solarnih dobitaka kroz prozirne plohe i ventilacijskih dobitaka kao što je prikazano sljedećim izrazom:

$$\Phi_A = \Phi_W + \Phi_T + \Phi_S + \Phi_{FL} \quad [\text{W}] \quad (20)$$

- $\Phi_W$  - toplinski dobici preko neprozirnih masivnih ploha [W]
- $\Phi_T$  - toplinski dobici preko prozirnih nemasivnih ploha [W]
- $\Phi_S$  - solarni dobici kroz n od strojeva i uređaja [W]
- $\Phi_{FL}$  - ventilacijski toplinski dobici [W]

Ventilacijski dobici su uzeti u obzir na isti način kao i kod proračuna toplinskih gubitaka kao svojevrsna sigurnost.



Projektno toplinsko opterećenje pojedine prostorije predstavlja najveći zbroj komponenti toplinskog opterećenja te prostorije u istom vremenskom trenutku odnosno satu karakterističnog dana u određenom mjesecu. Projektna toplinska opterećenja za različite prostorije ne pojavljuju se nužno u istom vremenskom trenutku. Vrijednost projektnog toplinskog opterećenja prostorije se koristi za dimenzioniranje rashladnih tijela u pojedinim prostorijama te se računa prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_{KR,nom} = \max\{\Phi_{KR}(t)\} \quad [W] \quad (21)$$

- $\Phi_{KR,nom}$  - projektno toplinsko opterećenje prostorije [W]

Zbroj projektnih toplinskih opterećenja svih prostorija se ne koristi za dimenzioniranje izvora rashladnog učina. Razlog tomu je se sva projektna opterećenja pojedine prostorije nikada neće pojaviti u istom vremenskom trenutku (najznačajniji dobitak - intezitet sunčevog zračenja je promjenjiv tijekom dana s obzirom na orijentaciju prostorije). Stoga se ukupno projektno toplinsko opterećenje zgrade računa kao najveći zbroj toplinskih opterećenja svih prostorija u istom vremenskom trenutku na razini godine. Na taj način se osigurava da izvor rashladnog učina ne bude predimenzioniran. Projektno toplinsko opterećenje zgrade se računa prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_{KG} = \max \sum \Phi_{KR}(t) \quad [W] \quad (22)$$

- $\Phi_{KG}$  - projektno toplinsko opterećenje zgrade [W]

Projektno toplinsko opterećenje zgrade je najveći zbroj toplinskih opterećenja pojedinih prostorija u istom vremenskom trenutku, a ne zbroj najvećih projektnih toplinskih opterećenja pojedinih prostorija.

### 3.2.2. Prikaz rezultata proračuna projektnog toplinskog opterećenja

U tablici 7. su prikazani rezultati proračuna toplinskog opterećenja za sve hladene prostorije u zgradi. Pojedine prostorije, iako čine hladeni prostor, nemaju opterećenja jer su sa svih strana okružene susjednim hladnim prostorima.

**Tablica 7. Rezultati proračuna projektnih toplinskih opterećenja prostorija**

	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$\vartheta_{int,i}$ [°C]	$\Phi_{KR,nom}$ [W]	$q_{KR,nom}$ [W/m <sup>2</sup> ]
<b>Prizemlje</b>				
Ordinacija	16	26	506	32
Gin. ordinacija	17	26	510	30
Čekaonica	16	26	439	27
Medicinska sestra	12	26	511	43
Predprostor	14	26	394	28
WC	3	26	52	17
Garderoba	5	26	218	44
<b>1. kat</b>				
Spavaća soba	13	26	53	4
Gostinska soba	11	26	125	11
Garderoba	4	26	0	0
Dnevni boravak i blagovaonica	37	26	1058	29
Ulaz	5	26	0	0
Kuhinja	11	26	414	38
<b>2. kat</b>				
Spavaća soba	10	26	63	6
Garderoba	7	26	96	14
WC	3	26	0	0
Hodnik	11	26	0	0
Dnevni boravak i blagovaonica	37	26	1365	37
Ulaz	5	26	0	0
Kuhinja	11	26	426	39
<b>3. kat</b>				
Teretana	19	26	573	30
Galerija	16	26	374	23
Spavaća soba 1	17	26	525	31
Spavaća soba 2	17	26	539	32

U tablici 8. prikazan je rezultat proračuna toplinskog opterećenja zgrade.

**Tablica 8. Rezultati proračuna projektnog toplinskog opterećenja zgrade**

<b>Datum</b>	<b>21. lipanj</b>	<b>23. srpanj</b>	<b>24. kolovoz</b>	<b>22. rujan</b>
<b>Sat</b>	<b>15 h</b>	<b>15 h</b>	<b>12 h</b>	<b>12 h</b>
<b>Prizemlje</b>				
Ordinacija	464	499	441	387
Gin. ordinacija	465	502	442	388
Čekaonica	424	424	413	413
Medicinska sestra	369	399	359	314
Predprostor	213	280	204	145
WC	35	43	34	23
Kupaonica	0	0	0	0
Garderoba	187	196	167	155
<b>1. kat</b>				
Kupaonica 1	0	0	0	0
Spavaća soba	44	49	37	23
Gostinska soba	47	54	44	36
Garderoba	0	0	0	0
Dnevni boravak i blagovaonica	933	994	943	858
Kupaonica 2	0	0	0	0
Ulaz	0	0	0	0
Kuhinja	302	345	354	414
Vešeraj	0	0	0	0
<b>2. kat</b>				
Kupaonica	0	0	0	0
Spavaća soba	53	59	46	33
Garderoba	14	20	12	4
WC	0	0	0	0
Hodnik	0	0	0	0
Dnevni boravak i blagovaonica	984	1087	994	844
Ulaz	0	0	0	0
Kuhinja	299	330	349	426
Vešeraj	0	0	0	0
<b>3. kat</b>				
Kupaonica	0	0	0	0
Teretana	520	543	510	475
Galerija	355	355	344	344
Spavaća soba 1	198	258	498	525
Spavaća soba 2	217	281	519	539
<b>Ukupno [W]:</b>	<b>6119</b>	<b>6714</b>	<b>6706</b>	<b>6342</b>

Iz tablice 8. je vidljivo da se projektno toplinsko opterećenje zgrade  $\Phi_{KG} = 6714 \text{ W}$  pojavljuje na 23. srpnja u 15 sati te je time definiran potrební rashladni učin. Zbrajanjem projektnih toplinskih opterećenja svih prostorija dobio bi se potrební učin u iznosu od 8239 W što je za oko 22% veće u odnosu na projektno toplinsko opterećenje zgrade.

#### 4. DIMENZIONIRANJE I ODABIR PODNOG GRIJANJA I HLAĐENJA [12]

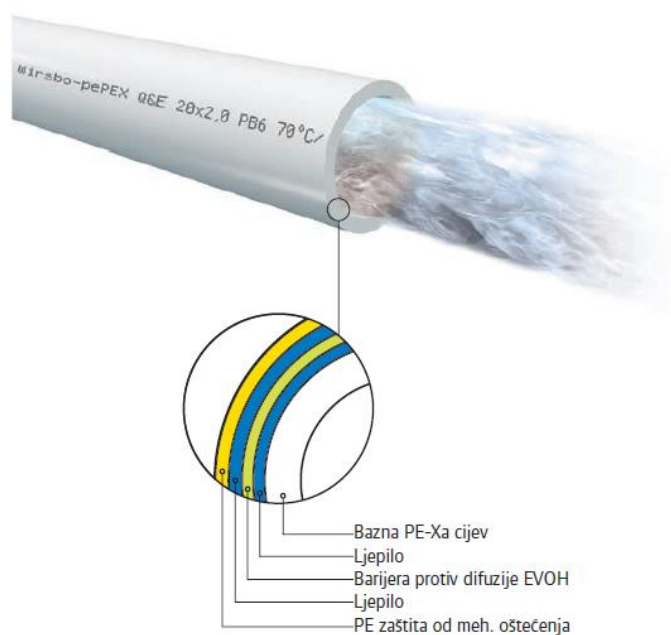
Kao ogrjevnja tijela predviđaju se petlje podnog grijanja odnosno hlađenja. Odabran je površinski podni sustav proizvođača Uponor u mokroj izvedbi (prikazan na slici 17.). Debljina cementnog estriha će biti 45 mm, a koeficijent toplinske provodnosti  $\lambda_{\text{estriha}} = 1,6$  W/(mK). Sustav se sastoji od:

- PE-Xa cijevi podnog grijanja  $\phi 17 \times 2$
- podloga - TACKER ploča od EPS-a 30 mm s unaprijed označenim tipskim razmacima
- ubodne pričvrsnice za cijevi
- modularni razdjelnik/sabirnik podnog grijanja s indikatorima protoka i ostalom armaturom
- razdjelni podžbukni ormarić
- regulacija podnog grijanja
- dilatacijske trake, zaštitna cijev za dilatacijske spojeve, pričvrsna traka i ostali montažni pribor



Slika 17. UPONOR sustav podnog grijanja u mokroj izvedbi [12]

PE-Xa cijevi podnog grijanja izrađene su od HD polietilena visoke molekularne težine te su prikazane na slici 18.. Zaštićene su od difuzije kisika tankim filmom od EVOH-a (etil-vinil alkohol) prema DIN 4726. Predviđene su za rad na temperaturama do 70°C, a najveći radni tlak im je 6 bar.



**Slika 18. UPONOR PE-Xa cijev [12]**

Ubodne pričvrsnice služe za pričvršćivanje cijevi na podlogu te se postavlja s posebnim alatom. UPONOR Tacker ploča sastoji se od reflektivne folije (smanjuje gubitke prema prostoru ispod) otporne na fizička oštećenja spojene na sloj EPS-a debljine 30 mm te također služi kao toplinska/zvučna izolacija. Tacker ploča i pričvrsnice su prikazani na slici 19.



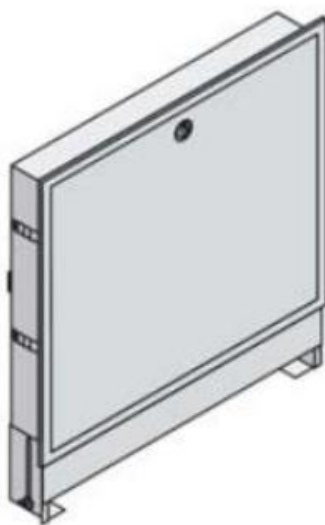
**Slika 19. UPONOR Tacker ploča i pričvrsnica [12]**

Cijevne petlje polaza odnosno povrata se spajaju na razdjelnik i sabirnik podnog grijanja koji se pomoću montažnog seta smješta u podžbukni razdjelni ormarić. Odabrani su modularni plastični razdjelnik i sabirnik UPONOR Vario PLUS s indikatorima protoka za svaku petlju i odgovarajućim brojem priključaka dimenzija 3/4" (EUROKONUS). Indikatori protoka omogućavaju očitavanje protoka u pojedinoj petlji, kao i ručno podešavanje (0-4 l/min) protoka odnosno hidrauličko balansiranje putem vijaka za balansiranje. Kod puštanja instalacije grijanja u pogon treba izvršiti hidrauličko balansiranje odnosno uravnoteženje sustava kako bi se osiguralo da svaka petlja podnog grijanja dobije projektom predviđenu količinu vode. U stambenim jedinicama je na svakoj etaži postavljen po jedan razdjelnik/sabirnik (1. kat - 8 petlji, 2. kat - 10 petlji, 3. kat - 5 petlji). U poslovnom prostoru u etaži prizemlja su postavljena dva razdjelnika i sabirnika (7 petlji i 2 petlje) jer je razina gotovog poda dijela prostorija na višoj koti (75 cm u odnosu na ostale prostorije) te bi time izvođenje podnog grijanja iz jednog razdjelnika/sabirnika bilo izuzetno otežano. Razdjeljivači su opremljeni ventilima s priključcima za termopogone (termopogoni se povezuju sa sobnim termostatima te omogućuju regulaciju temperature u prostoriji promjenom protoka u petljama) dok su sabirnici opremljeni s indikatorima protoka. Montažni set sastoji od nosača, zaporne armature, termometara polaza/povrata i završnih elementa s odzračnim pipcima, slavinom za punjenje i pražnjenje te prenosnicom. Na slici 20. su prikazani modularni razdjelnik/sabirnik UPONOR Vario PLUS s montažnim setom.



**Slika 20. UPONOR modularni razdjelnik/sabirnik i montažni set [12]**

S obzirom na broj petlji odabrani su pripadajući podžbukni razdjelni ormarići UPONOR UFH1, UFH2 i UFH3 s horizontalnim priključkom za pojedini razdjelnik/sabirnik. Na slici 21. je prikazan razdjelni ormarić kao i tablica za odabir dimenzija ormarića u ovisnosti o broju krugova podnog grijanja.



	Priključak horizontalni	visina×širina×dubina	bez ventila za broj krugova	sa ventilima za broj krugova
1046991	UPONOR PODŽBUKNI ORMARIĆ, UFH1	820-910x555x120-180 MM	2-8	2-6
1046992	UPONOR PODŽBUKNI ORMARIĆ, UFH2	820-910x710x120-180 MM	9-11	7-9
1046993	UPONOR PODŽBUKNI ORMARIĆ, UFH3	820-910x785x120-180 MM	12	10-12
1046994	UPONOR PODŽBUKNI ORMARIĆ, UFH4	820-910x950x120-180 MM		

**Slika 21. UPONOR UFH podžbukni razdjelni ormarić i tablica za odabir dimenzija ormarića u ovisnosti o broju krugova podnog grijanja [12]**



#### 4.1. Rezultati proračuna podnog grijanja i podnog hlađenja

Norma HRN EN 1264-1 definira proračun površinskih sustava grijanja i hlađenja. Zbog složenosti proračunskog postupka u nastavku su prikazani samo krajnji rezultati proračuna. Za dimenzioniranje odnosno proračun podnog grijanja i hlađenja se koriste dijagrama proizvođača koji su dobiveni na temelju ispitivanja sustava podnog grijanja/hlađenja. Način ispitivanja je definiran normom HRN EN 1264-1 te se provodi na površini od 2 m<sup>2</sup>. Proračun je napravljen računalnim programom IntegraCAD 2017 (program sadrži integrirane proračunske dijagrame pojedinih proizvođača).

Ulazni parametri su temperaturni režim grijanja (38/32°C) i temperaturni režim hlađenja (14/18°C), unutarnja projekta temperatura prostorije, debljina i toplinska provodnost cementnog estriha, debljina i toplinska provodnost završne obloge poda (parket ili keramičke pločice), vrsta sustava i podloge (mokri TACKER sustav s ubodnim pričvršnicama), vrsta i dimenzije cijevi te razmak između cijevi. Na temelju toplinskog otpora podne obloge, odabranog razmaka cijevi te srednje logaritamske razlike temperature između projektne temperature polaznog voda, projektne temperatura povratnog voda i unutarnje projektne temperature prostorije, moguće je iz dijagrama, za određenu debljinu i svojstva cementnog estriha, vrstu sustava i podloge, vrstu i dimenzije cijevi, očitati specifični instalirani ogrjevnog odnosno rashladnog učin po kvadratnom metru površinskog sustava. Na temelju projektnih toplinskih gubitaka odnosno projektnog toplinskog opterećenja prostorije i očitano specifičnog instaliranog ogrjevnog/rashladnog učina, određuje se potrebna površina poda za podno grijanje/hlađenje. Iz odabrane površine i duljine spojnih cijevi se može izračunati ukupna duljina cijevi u petlji prema sljedećoj jednadžbi:

$$L_p = \frac{A_{pod}}{T} + L_s \quad [m] \quad (23)$$

- $L_p$  - ukupna duljina cijevi u petlji podnog grijanja/hlađenja [m]
- $A_{pod}$  - površina petlje podnog grijanja/hlađenja [m<sup>2</sup>]
- $T$  - razmak između cijevi [m]
- $L_s$  - duljina spojnih cijevi [m]

Spojne cijevi predstavljaju onaj dio cijevi pojedinog kruga podnog grijanja koji se nalazi između priključka na razdjelnik/sabirnik i površine petlje u prostoriji. Spojne petlje mogu biti izolirane ili neizolirane. Ukoliko je spojna petlja neizolirana, zagrijavaju prostorije kroz koje prolaze te se taj gubitak uzima u obzir prilikom proračuna na način da se protok kroz petlju poveća. Duljina spojnih cijevi se određuje na temelju putanje spojne cijevi koja ovisi o položaju petlje podnog grijanja/hlađenja. Detaljni položaj petlji podnog grijanja/hlađenja prikazan je u grafičkim prilogima.

Dimenzioniranje je provedeno na način da su odabrani optimalni ulazni parametri kojima je postignut najmanji mogući pad tlaka u petljama i najveća površina petlje, uz istovremeno postizanje potrebnog ogrjevnog odnosno rashladnog učina. Površina petlje je odabrana na način da se pokrije gotovo cijela površina prostorije kako bi se postigla ujednačena temperatura površine poda pritom vodeći računa o ograničenjima o postavljanju petlje navedenim u poglavlju 1.3. (dijelovi poda ispod kada, kuhinjskih elemenata i sl.). Prilikom dimenzioniranja su u obzir uzeta ograničenja o najvećoj duljini petlje (120m) i najvećem padu tlaka unutar petlje (25 kPa). Također je u obzir uzeta najviša odnosno najniža dopuštena temperatura površine poda. U režimu hlađenja temperatura površine poda u hlađenim prostorijama nikad nije niža od temperature rosišta koja, za projektne uvjete unutarnje temperature od 26°C i projektne relativne vlažnosti od 50%, iznosi 14,8°C. U režimu grijanja temperatura poda u grijanim prostorijama nikad nije viša od vrijednosti definiranih normom HRN EN 1264-1 (poglavljje 1.3.). Jedini ulazni parametri koji se nisu mijenjali tijekom dimenzioniranja su temperaturni režimi grijanja i hlađenja (zadani projektnim zadatkom). Kako je broj ulaznih podataka velik, korištenjem računalnog programa značajno je skraćen iterativni postupak optimiranja.

U tablici 9. su prikazani rezultati proračuna podnog grijanja odnosno hlađenja po prostorijama. Oznake  $\Phi_{HL,i,kor}$  i  $\Phi_{KR,nom,kor}$  predstavljaju korigirane vrijednosti projektnih toplinskih gubitaka odnosno projektnog toplinskog opterećenja prostorije. Sukladno normi HRN EN 1264-1, površinski sustavi se dimenzioniraju prema gubicima/opterećenju koji se računaju bez transmisivskih gubitaka/opterećenja kroz površine na kojima je postavljen površinski sustav iz razloga što je temperatura tih ploha viša od temperature zraka u režimu grijanja odnosno niža u režimu hlađenja. Iz navedenog razloga se u etaži prizemlja korigiraju

vrijednosti gubitaka zbog postojanja transmisije prema podrumu. U režimu hlađenja je prema smjernici VDI 2078 transmisijsko opterećenje od podruma zanemareno, tako da ne nema potrebe za korekcijom. U ostalim prostorijama je korigirana vrijednost gubitaka odnosno opterećenja jednaka vrijednostima dobivenih u poglavlju 3. Oznake  $\Phi_{inst,gr}$  i  $\Phi_{inst,hl}$  predstavljaju ukupni instalirani ogrjevni odnosno rashladni učin podnog grijanja i hlađenja koji uključuje učin samih petlji ( $\Phi_{inst,gr,p}$  i  $\Phi_{inst,hl,p}$ ) i svih spojnih cijevi u prostoriji ( $\Phi_{inst,gr,s}$  i  $\Phi_{inst,hl,s}$ ).

**Tablica 9. Rezultati proračuna podnog grijanja/hlađenja po prostorijama**

	$\Phi_{HL,i,kor}$ [W]	$\Phi_{inst,gr,p}$ [W]	$\Phi_{inst,gr,s}$ [W]	$\Phi_{inst,gr}$ [W]	$\Phi_{KR,nom,kor}$ [W]	$\Phi_{inst,hl,p}$ [W]	$\Phi_{inst,hl,s}$ [W]	$\Phi_{inst,hl}$ [W]
<b>Prizemlje</b>								
Ordinacija	675	1020	197	1217	506	509	99	608
Gin. ordinacija	847	986	48	1034	510	511	24	535
Čekaonica	108	888	211	1099	439	443	107	550
Medicinska sestra	492	997	0	997	511	523	0	523
Predprostor	701	763	64	827	394	400	33	433
WC	168	169	0	169	52	88	0	88
Kupaonica	220	225	0	225	0	0	0	0
Garderoba	363	416	6	422	218	218	3	221
<b>Prizemlje ukupno:</b>	<b>3574</b>	<b>5464</b>	<b>526</b>	<b>5990</b>	<b>2630</b>	<b>2692</b>	<b>266</b>	<b>2958</b>
<b>1. kat</b>								
Kupaonica 1	257	281	0	281	0	0	0	0
Spavaća soba	401	407	67	474	53	238	36	274
Gostinska soba	440	443	0	443	125	259	0	259
Garderoba	0	0	136	136	0	0	72	72
Dnevni boravak i blagovaonica	1016	2116	388	2504	1058	1097	211	1308
Kupaonica 2	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulaz	49	0	23	23	0	0	12	12
Kuhinja	533	789	0	789	414	414	0	414
Vešeraj	339	333	0	333	0	0	0	0
<b>1. kat ukupno:</b>	<b>3035</b>	<b>4369</b>	<b>614</b>	<b>4983</b>	<b>1650</b>	<b>2008</b>	<b>331</b>	<b>2339</b>
<b>2. kat</b>								
Kupaonica	266	281	0	281	0	0	0	0
Spavaća soba	372	385	52	437	63	224	29	253
Garderoba	345	349	0	349	96	198	0	198
WC	0	0	270	270	0	0	130	130
Hodnik	0	0	192	192	0	0	104	104
Dnevni boravak i	1634	2190	206	2396	1365	1244	112	1356

blagovaonica								
Ulaz	21	0	24	24	0	0	13	13
Kuhinja	564	815	0	815	426	428	0	428
Vešeraj	324	333	0	333	0	0	0	0
<b>2. kat ukupno:</b>	<b>3526</b>	<b>4353</b>	<b>744</b>	<b>5097</b>	<b>1950</b>	<b>2094</b>	<b>388</b>	<b>2482</b>
<b>3. kat</b>								
Kupaonica	432	372	96	468	0	0	0	0
Teretana	812	1101	0	1101	573	578	0	578
Galerija	232	659	131	790	374	382	72	454
Spavaća soba 1	808	916	0	916	525	530	0	530
Spavaća soba 2	916	970	0	970	539	537	0	537
<b>3. kat ukupno:</b>	<b>3200</b>	<b>4018</b>	<b>227</b>	<b>4245</b>	<b>2011</b>	<b>2027</b>	<b>72</b>	<b>2099</b>
<b>UKUPNO:</b>	<b>13335</b>	<b>18204</b>	<b>2111</b>	<b>20315</b>	<b>8241</b>	<b>8821</b>	<b>1057</b>	<b>9878</b>

Iz tablice 9. je vidljivo da je u svakoj prostoriji ukupni instalirani ogrjevn/rashladni učin podjednak ili veći od korigiranih vrijednosti gubitaka odnosno opterećenja. Na razini zgrade ukupni instalirani učin za grijanje iznosi 20315 W, a zbroj korigiranih gubitaka po prostorijama iznosi 13335 W. Ukupni instalirani rashladni učin na razini zgrade iznosi 9878 W dok zbroj korigiranih opterećenja po prostorijama iznosi 8241 W. Iz ovakvih rezultata bi se moglo zaključiti da je površinski sustav predimenzioniran jer instalirani učin treba biti podjednaki ili veći (do 15%) u odnosu na potrebni učin. Međutim, razlika u ukupnom instaliranom učinku i potrebnom učinku za grijanje (52%) odnosno hlađenje (20%) postoji iz razloga što se iste petlje u pojedinoj prostoriji koriste i za režim grijanja i za režim hlađenja, a omjer gubitaka i opterećenja nije približno jednak omjeru specifičnog instaliranog ogrjevnog i rashladnog učina petlji. Detaljnije objašnjenje prikazano je u nastavku na primjeru kuhinje na etaži 2. kata gdje je površinski sustav predimenzioniran u režimu grijanja. Ista zaključak vrijedi i za prostorije s predimenzioniranim sustavom u režimu hlađenja. Također dodatni učin u prostorijama čine i prolazne spojne cijevi.

Svi ulazni podaci za izračun specifičnog učina petlje u režimu hlađenja i u režimu grijanja, izuzev temperaturnih režima i unutarnje projektne temperature, su jednaki (vrsta sustava i podloge, razmak cijevi, vrsta i dimenzije cijevi...). Za zadani temperaturni režim i unutarnju projektnu temperaturu, specifični instalirani ogrjevn učin u kuhinji iznosi 86,7 W/m<sup>2</sup> dok je instalirani rashladni učin petlje 45,5 W/m<sup>2</sup>. Omjer instaliranih učina je  $\approx 1,9$ . Kako se ista petlja koristi i za grijanje i za hlađenje, potrebno je odabrati odgovarajuću površinu petlje koja će zadovoljiti i projektne gubitke i projektno opterećenje. Za odabranu površinu petlje od 9,4 m<sup>2</sup> instalirani ogrjevn učin iznosi 815 W dok su gubici 564 W, a instalirani rashladni učin

iznosi 428 W uz opterećenje od 426 W. Omjer gubitaka i opterećenja iznosi  $\approx 1,3$ . Kada bi omjer gubitaka i opterećenja bio podjednak 1,9, odabrana površina petlje bi zadovoljava gubitke i opterećenja bez prevelike pokrivenosti za režim grijanja (učin za grijanje je predimenzioniran u odnosu na gubitke  $\approx 45\%$ ). U stvarnosti predimenzionirane petlje neće raditi s proračunskim instaliranim učinkom jer će regulacija smanjivanjem protoka u predimenzioniranim petljama prilagoditi učin stvarnim potrebama prostorije.

S obzirom na navedeno, za hidraulički proračun cjevovoda i odabir pumpe te dimenzioniranje dizalice topline za režim grijanja koriste se korigirane vrijednosti instaliranih učina. Korekcija je izvedena na način da se u prostorijama gdje je instalirani učin petlji ( $\Phi_{inst,gr,p}$  i  $\Phi_{inst,hl,p}$ ) veći od potrebnog za 15%, kao korigirana vrijednost uzme vrijednost projektnih gubitaka odnosno opterećenja uvećana za 15%. U tablici 10. su prikazani korigirani ogrjevn i rashladni učini po prostorijama.

**Tablica 10. Korigirani instalirani ogrjevn i rashladni učini po prostorijama**

	$\Phi_{inst,gr,kor}$ [W]	$\Phi_{inst,hl,kor}$ [W]
<b>Prizemlje</b>		
Ordinacija	776	608
Gin. ordinacija	974	535
Čekaonica	124	550
Medicinska sestra	566	523
Predprostor	827	433
WC	169	60
Kupaonica	225	0
Garderoba	422	221
<b>Prizemlje ukupno:</b>	<b>4083</b>	<b>2930</b>
<b>1. kat</b>		
Kupaonica 1	281	0
Spavaća soba	474	61
Gostinska soba	443	144
Garderoba	136	72
Dnevni boravak i blagovaonica	1168	1308
Kupaonica 2	0	0
Ulaz	23	12
Kuhinja	613	414
Vešeraj	333	0
<b>1. kat ukupno:</b>	<b>3471</b>	<b>2011</b>
<b>2. kat</b>		
Kupaonica	281	0

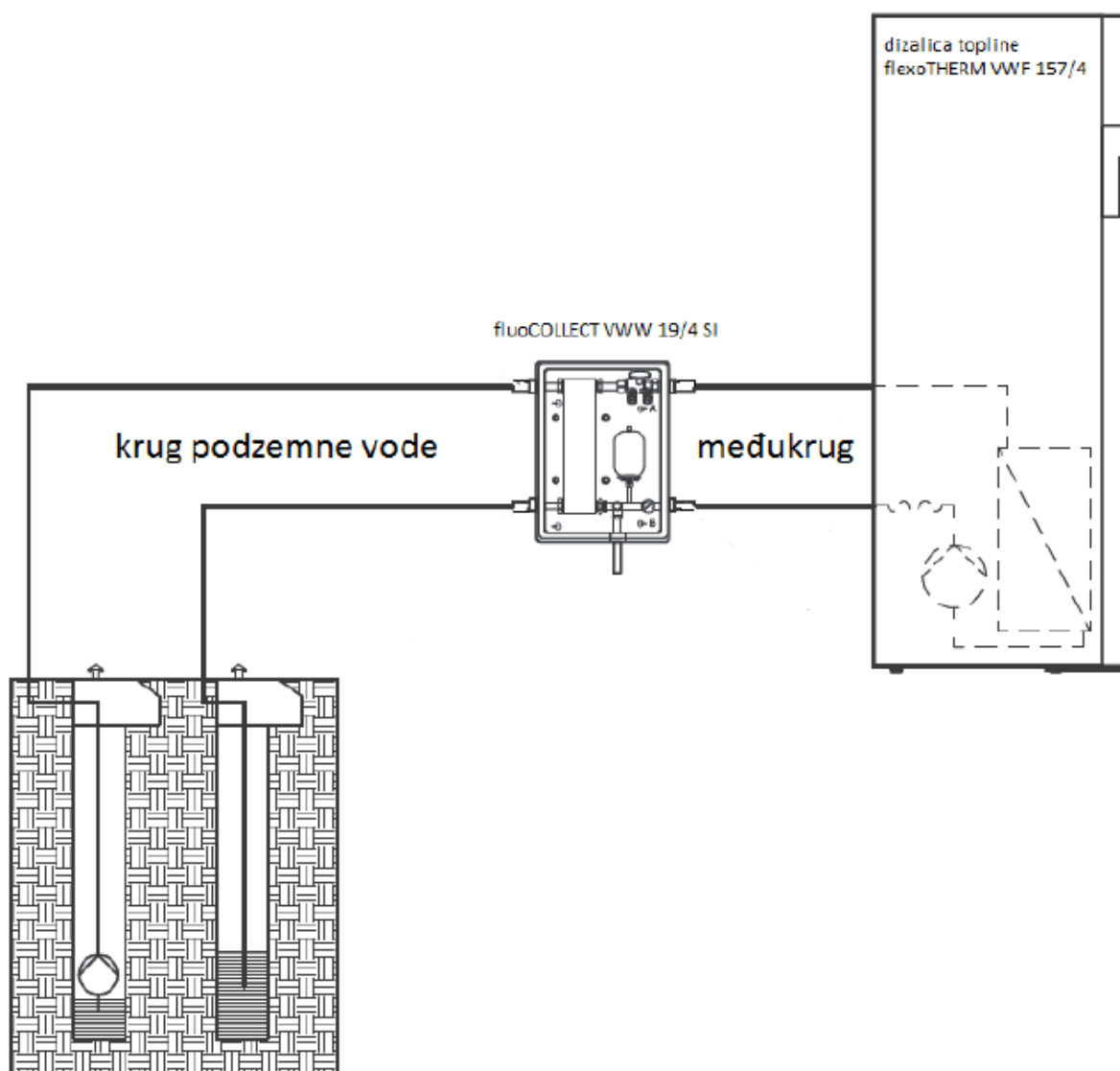
Spavaća soba	437	72
Garderoba	349	110
WC	270	130
Hodnik	192	104
Dnevni boravak i blagovaonica	1879	1356
Ulaz	24	13
Kuhinja	649	428
Vešeraj	333	0
<b>2. kat ukupno:</b>	<b>4414</b>	<b>2213</b>
<b>3. kat</b>		
Kupaonica	468	0
Teretana	934	578
Galerija	267	454
Spavaća soba 1	916	530
Spavaća soba 2	970	537
<b>3. kat ukupno:</b>	<b>3555</b>	<b>2099</b>
<b>UKUPNO:</b>	<b>15523</b>	<b>9253</b>

## 5. DIMENZIONIRANJE I ODABIR IZVORA OGRJEVNOG I RASHLADNOG UČINA

### 5.1. Dimenzioniranje i odabir dizalice topline i izmjenjivačkog modula

S obzirom da je korigirani instalirani ogrjevn učin (15523 W) veći nego projektno toplinsko opterećenje zgrade (6714 W), dimenzioniranje dizalice topline se vrši prema toj vrijednosti. Pregledom tehničke dokumentacije raznih proizvođača, odabrana je dizalica topline voda-voda proizvođača Vaillant, tip flexoTHERM VWF 157/4, nazivnog ogrjevnog učina 16,80 kW (W10/W35  $\Delta T=5K$ ). Dizalica topline je predviđena u indirektnoj izvedbi te je stoga potrebno odabrati dodatni izmjenjivač topline koji odvaja izmjenjivačku površinu isparivača (kondenzatora u režimu hlađenja) dizalice topline i podzemnu vodu pomoću međukruga u kojem se nalazi voda kontroliranog kemijskog sastava. Prema preporuci proizvođača dizalice topline, odabire se modul za indirektno spajanje fluoCOLLECT VWW 19/4 SI. Modul je kompaktna jedinica koja u kućištu sadrži pločasti izmjenjivač topline, ventile za punjenje/pražnjenje međukruga, manometar, ekspanzijsku posudu i priključak za sigurnosni ventil. Na slici 22. je dan shematski prikaz spoja izmjenjivačkog modula i dizalice topline kao i prikaz kruga podzemna vode i međukruga. Dizalica topline je opremljena regulacijom multiMATIC 700 vođenom prema vanjskim uvjetima koja mijenja zadanu temperaturu polaznog voda iz dizalice topline u ovisnosti o vanjskoj temperaturi.

Odabrana dizalica topline ima mogućnost rada u režimu hlađenja na pasivni i aktivni način. U aktivnom načinu hlađenja je kompresor u pogon te se rashladni učin ostvaruje putem kružnog procesa s radnom tvari uz korištenje četveroputnog ventila (ventil uzrokuje preokretanje smjera toka radne tvari). Pasivni način rada se koristi u slučaju povoljne temperature podzemne vode te se tada rashladna voda iz toplinskog kruga zgrade pomoću troputnog prekretnog ventila dovodi direktno na pločasti izmjenjivač u izmjenjivačkom modulu. U pasivnom načinu rada kompresor dizalice topline nije u pogonu. Predviđeno je da se dizalica topline koristi u pasivnom načinu rada osim u slučaju kada temperatura podzemne vode ne omogućuje pokrivanje rashladnog opterećenja zgrade. U tom slučaju se dizalica topline prebacuje na aktivni način rada. Korištenjem pasivnog načina rada ostvaruju se značajne uštede iz razloga što kompresor nije u pogonu.

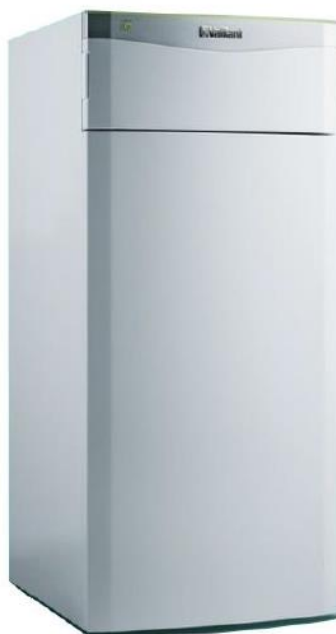


**Slika 22. Shematski spoj dizalice topline i izmjenjivačkog modula [9]**

Međukrug je moguće napuniti vodom ili rasolinom (30% mješavina glikola i vode) te je njegova svrha zaštititi izmjenjivačku površinu dizalice topline od nepovoljnog kemijskog sastava podzemne vode ili eventualnih mehaničkih oštećenja uzrokovanih česticama u podzemnoj vodi. U slučaju da je međukrug napunjen rasolinom, potrebno je ugraditi još jedan dodatni izmjenjivač topline za potrebe pasivnog hlađenja čime se smanjuje učinkovitost sustava. Naime, rasolina iz međukruga i voda u toplinskog krugu zgrade se ne smiju miješati. U ovom radu je odabrano da međukrug bude napunjen vodom kako bi se pojednostavila izvedba i kako bi učinkovitost sustava bila što veća. Korištenje rasoline u međukrugu je



obvezno u slučaju kada su s izmjenjivački modul i cjevovodi međukruga smješteni prostoru u kojem temperatura ispod 0°C. Također, cjevovodi kruga podzemne vode do bunara su u ovom radu vođeni u zemlji kako bi se onemogućilo smrzavanje. Na slikama 23. i 24. su prikazani odabrana dizalica topline i izmjenjivački modul.



**Slika 23. Dizalica topline flexoTHERM VWF157/4 [9]**



**Slika 24. Izmjenjivački modul fluoCOLLECT VWW19/4 SI [9]**

U tablici 11. su prikazane tehničke karakteristike dizalice topline. Ogrjevni i rashladni učini vrijede za izvedbu dizalice topline u spoju s odabranim izmjenjivačkim modulom.

**Tablica 11. Tehničke karakteristike dizalice topline flexoTHERM VWF 157/4 [9]**

Električni priključak	230 V / 400 V / 50 Hz
Tip kompresora	Scroll
Radna tvar	R410a
Masa	187 kg
Priključci kruga zgrade	1 1/4 "
Priključci međukruga	1 1/4 "
Priključak ekspanzijske posude	3/4 "
Širina	595 mm
Visina	1183 mm
Dubina	600 mm
Količina radne tvari	3,05 kg
Količina vode, krug zgrade	5,8 l
Količina vode, međukrug	4,5 l
Najveća polazna temperatura, grijanje	75°C
Najniža polazna temperatura, hlađenje	5°C
Ogrjevni učin (W10/W35 $\Delta T=5K$ )	16,80 kW
Električna snaga (W10/W35 $\Delta T=5K$ )	3,10 kW
Faktor grijanja (W10/W35 $\Delta T=5K$ )	5,40
Ogrjevni učin (W10/W45 $\Delta T=5K$ )	16,60 kW
Rashladni učin (W35/W7 $\Delta T=5K$ )	14,20 kW
Nazivni protok vode, krug zgrade $\Delta T=5K$	2,92 m <sup>3</sup> /h
Najveća preostala visina dizanja, krug zgrade $\Delta T=5K$	56000 Pa
Nazivni protok , međukrug $\Delta T=3K$	3,93 m <sup>3</sup> /h
Najveća preostala visina dizanja, međukrug $\Delta T=3K$	90000 Pa

Iako proizvođač ne navodi ogrjevni učin za temperaturni režim ogrjevne vode 38/32°C, iz ogrjevnih učina za temperaturne režime 35/30°C i 45/40°C (uz projektnu temperaturu podzemne vode od 10 °C i  $\Delta T=3K$  odnosno temperaturni režim podzemne vode 10/7°C) je vidljivo da će dizalica topline imati dovoljan kapacitet u režimu grijanja. Također, vidljivo je da će u režimu aktivnog hlađenja kataloški kapacitet od 14,20 kW za temperaturni režim rashladne vode 7/12°C (uz projektnu temperaturu podzemne vode od 35°C i  $\Delta T=3K$  odnosno temperaturni režim podzemne vode 35/38°C) zadovoljiti projektno toplinsko opterećenje zgrade (6714 W) uz stvarni temperaturni režim rashladne vode 14/18°C. Odabrana dizalica topline ima integriran višestupanjski električni grijač (2 kW, 3, kW, 5,5 kW, 7 kW i 9 kW) koji se po potrebi može koristiti za grijanje i za zagrijavanje PTV-a. Odabrana je izvedba u kojoj se električni grijač koristi za podizanje temperature polaznog voda za potrebe zagrijavanja spremnika PTV-a.

## 5.2. Dimenzioniranje i odabir međuspremnika ogrjevnog/rashladnog voda

Međuspremnik ogrjevnog voda u sustavima s dizalicom topline se koristi za iz više razloga. Kako dizalica topline nema mogućnost moduliranja ogrjevnog/rashladnog učina za određenu temperaturu polaznog voda, smanjuje se učestalost uključivanja kompresora pri djelomičnim opterećenjima. Akumuliranje toplinske energije u spremniku omogućuje lakše pokrivanje vršnog opterećenja, pokrivanje opterećenja u slučaju nepredviđenih zastoja u radu i osigurava potreban minimalni protok dizalice topline. Također omogućen je noćni rad u razdoblju niže tarife električne energije. Prema uputama proizvođača [19] se volumen međuspremnika dimenzionira na temelju instaliranog ogrjevnog učina odnosno 20-30 l/kW. Odabran je međuspremnik proizvođača Vaillant, tip VPS 300/3, nazivnog volumena 300 l. Tehničke karakteristike međuspremnika prikazane su tablici 12. dok je međuspremnik prikazan na slici 25..

**Tablica 12. Tehničke karakteristike međuspremnika allSTOR VPS300/3 [9]**

Volumen	303 l
Najveći protok krugova grijanja	8 m <sup>3</sup> /h
Vanjski promjer(s izolacijom)	780 mm
Visina(s izolacijom)	1833 mm
Masa (prazan)	70 kg
Masa (pogonsko stanje)	373kg
Maksimalni radni tlak	3 bar
Maks. temperatura ogrjevnog voda	95°C
Priključak polaznog/povratnog voda grijanja	1 1/2"



**Slika 25. Međuspremnik allSTOR VPS300/3 [9]**

## 6. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SOLARNOG SUSTAVA ZAGRIJAVANJA PTV-A

Potrošna topla voda (PTV) se koristi na izljevnim mjestima u svim vlasničkim jedinicama. Za zagrijavanje PTV-a je predviđen centralni akumulacijski sustav s bivalentnim spremnikom koji se zagrijava putem pločastih solarnih kolektora uz podršku dizalice topline.

### 6.1. Dimenzioniranje i odabir spremnika PTV-a i solarnih kolektora

Solarni sustav je dimenzioniran na način da u ljetnim mjesecima u potpunosti pokrije cjelokupnu potrebu za PTV-om. Osnovni ulazni podaci su volumen bivalentnog spremnika i površina kolektora. Kako bi se odredila veličina spremnika potrebno je odrediti dnevnu potrošnju PTV-a i dnevnu potrebnu toplinsku energiju za zagrijavanje tople vode. Za nove zgrade se dnevna potrošnja određuje na temelju iskustvenih podataka. Prema [1] odabrana je dnevna potrošnja tople vode po osobi od 40 l/osoba, temperature 60°C. Uz pretpostavljeni broj osoba u zgradi (10 osoba), dobiva se dnevna potrošnja tople vode od 400 l dnevno (temperature 60 °C). Prema [17] preporuča se odabir spremnika koji pokriva približno dvodnevnu potrošnju. Dnevna potrebna toplina za zagrijavanje PTV-a se računa prema sljedećem izrazu:

$$Q_W = V_{PTV} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (t_s - t_{hw}) \quad [W] \quad (24)$$

- $\Phi_W$  - dnevna potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a [kWh/dan]
- $V_{PTV}$  - pretpostavljena dnevna potrošnja tople vode temperature 60°C: 400 l/dan
- $\rho_w$  -gustoća vode. 1000 kg/m<sup>3</sup>
- $c_w$  - specifični toplinski kapacitet vode: 4,187 kJ/[kgK)
- $t_s$  -temperatura tople vode u spremniku: 60°C
- $t_{hw}$  -temperatura hladne vode: 10°C
- $t_{tw}$  - temperatura tople vode: 40°C

Dnevna potrebna toplinska energija za PTV-om iznosi  $Q_W = 23,26$  kWh/dan. Topla voda se na izljevnim mjestima koristi s temperaturom od 40°C.

Odabire se bivalentni spremnik proizvođača Horvatić, tip DUOSTAR R2 750, nazivnog volumena 750 l, koji ima dva izmjenjivača topline. Donji izmjenjivač se koristi za zagrijavanje PTV-a putem pločastih solarnih kolektora dok se gornji koristi za dogrijavanje dizalicom topline kada sunčeva energija nije dovoljna za postizanje odgovarajuće temperature u spremniku. U tablici 13. su prikazane tehničke karakteristike odabranog spremnika.

**Tablica 13. Tehničke karakteristike bivalentnog spremnika PTV-a Horvatić, DUOSTAR R2 750 [18]**

Volumen spremnika	303 l
Vanjski promjer(s izolacijom)	950 mm
Visina(s izolacijom)	2065 mm
Masa (prazan)	297 kg
Najveća radna temperatura	95°C
Najveći radni tlak	6 bar
Površina gornjeg izmjenjivača	6,5 m <sup>2</sup>
Pad tlaka gornjeg izmjenjivača	8400 Pa
Volumen vode u gornjem izmjenjivaču	40 l
Površina donjeg izmjenjivača	2,9 m <sup>2</sup>
Pad tlaka donjeg izmjenjivača	3700 Pa
Volumen vode u donjem izmjenjivaču	19 l

Vidljivo je da gornji izmjenjivač kojim dizalica topline zagrijava PTV, ima znatno veću površinu nego donji izmjenjivač. Time se osigurava da dizalica topline preda toplinski učin sa što manjom razlikom temperature između ogrjevnice vode i vode u spremniku. Kako se učinkovitost dizalice topline značajno smanjuje s porastom temperature polaznog voda ogrjevnice vode, predviđeno je da se dizalica topline koristi električni grijač koristi za podizanje temperature polaznog voda za potrebe zagrijavanja spremnika PTV-a. Odabrana dizalica topline ima integriran višestupanjski električni grijač (2 kW, 3, kW, 5,5 kW, 7 kW i 9 kW) te može postići najveću temperaturu polaza od 75°C uz korištenje grijača.

Za određivanje potrebne površine kolektora koristi se norma HRN EN 15316-4-3. Proračun je proveden u računalnom programu Microsoft Excel. Za odabrani spremnik, odabrani tip kolektora i orijentaciju (jug), određen je broj kolektora kojim se pokriva cjelokupna potreba za PTV-om u ljetnim mjesecima (lipanj, srpanj i kolovoz). Također, mijenjanjem nagiba kolektora je dobivena najveća godišnja pokrivenost odnosno solarni godišnji stupanj pokrivanja uz istovremeno pokrivanje cjelokupne potrebe u ljetnim mjesecima. Odabrani su pločasti solarni kolektori proizvođača Vaillant, tip VFK 145 H. Solarni kolektori će biti povezani paralelno i smješteni na ravni krov zgrade kao što je prikazano u grafičkim prilozima. U tablici 14. su prikazane tehničke karakteristike odabranih kolektora.

**Tablica 14. Tehničke karakteristike solarnih kolektora Vaillant, tip VFK 145 H [9]**

Masa	38 kg
Dužina	1233 mm
Širina	2033mm
Visina	80 mm
Zapremnina	2,16 l
Najveći radni tlak	10 bar
Temperatura stagnacije	171°C
Bruto površina	2,51 m <sup>2</sup>
Površina apsorbera	2,35 m <sup>2</sup>
Stupanj djelovanja, $\eta_0$	0,798
Koeficijent prvog reda	3,79 W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )
Koeficijent drugog reda	0,016 W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )

Ulazni podaci za proračun su:

- $Q_W$  - dnevna potrebna toplina energija za zagrijavanje PTV-a: 23,26 kWh/dan
- $t_s$  - temperatura tople vode u spremniku: 60°C
- $t_{hw}$  - temperatura hladne vode: 10°C
- $t_{tw}$  - temperatura tople vode: 40°C
- $V_{nom}$  - volumen solarnog spremnika: 750 l
- $\eta_0$  - Stupanj djelovanja kolektora prirazlici srednje temperature radnog medija i zraka od 0 K: 0,798
- $a_1$  - koeficijent prvog reda: 3,79 W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)
- $a_2$  - koeficijent drugog reda: 0,016 W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)
- $\eta_{loop}$  - faktor učinkovitosti kolektorskog kruga: 0,9

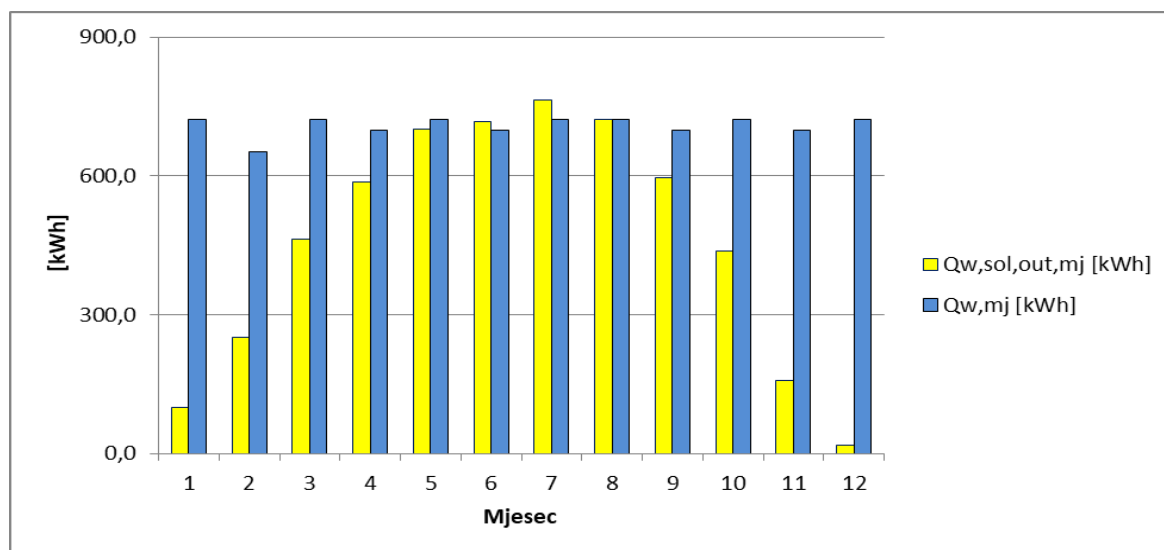
- $t$  - ukupno godišnje vrijeme rada pumpe: 2000 h/godišnje
- $A_{pk}$  – površina pojedinačnog kolektora: 2,35 m<sup>2</sup>
- $n$  - broj kolektora: 5
- orijentacija: jug
- nagib kolektora: 30°

Klimatski podaci su preuzeti iz priloga E Tehničkog propisa za meteorološku postaju Zagreb-Maksimir. U tablici 15. i na slici 26. su prikazani rezultati proračuna prema normi HRN EN 15316-4-3.

**Tablica 15. Rezultati proračuna prema normi HRN EN 15316-4-3 na godišnjoj razini**

$Q_w$ [kWh/god]	$Q_{w,sol,out}$ [kWh/god]	$f_{sol}$ [-]	$W_{col,aux}$ [kWh/god]
8490	5518	0,65	97

- $Q_w$  - godišnja potrebna toplota za pripremu PTV-a
- $Q_{w,sol,out}$  - isporučena sunčeva energija u sustav za pripremu PTV-a
- $f_{sol}$  - udio isporučene sunčeve energije u toplinskom opterećenju
- $W_{col,aux}$  - godišnja električna energija za pogon solarne pumpe



**Slika 26. Prikaz potrebne topline za PTV i isporučene sunčeve energije u sustav PTV-a po mjesecima**

Sa slike 26. je vidljivo da solarni sustav u potpunosti pokriva potrebe za PTV-om u 6. 7. i 8. mjesecu dok se u ostalim mjesecima koristi dizalica topline za dogrijavanje PTV-a. S ukupno instaliranom površinom kolektora od 11,75 m<sup>2</sup> i bivalentnim spremnikom od 750 l, ostvaruje se ukupna godišnja solarna pokrivenost od 65%.

## 6.2. Hidraulički proračun solarnog cjevovoda i odabir pumpe [9]

Kako bi se ostvarila u kolektorima ostvarila optimalna predaja topline, kroz njih određeni protok solarne tekućine (smjese glikola 40% i vode 60%). Protok se prema određuje prema preporuci proizvođača od 15-40 l/(hm<sup>2</sup>). Uz odabrani specifični protok od 40 l/(hm<sup>2</sup>) ("high flow" režim koji se preporuča za male sustave) i ukupnu površinu kolektora od 11,75 m<sup>2</sup>, ukupni protok solarnog kruga iznosi 470 l/h. Pad tlaka po metru cijevi ne bi trebao prelaziti 1,5 mbar, a brzina strujanja solarne tekućine se ograničava na 0,5 m/s. Vrijednosti linijskih i lokalni padovi tlaka, pada tlaka na solarnom izmjenjivaču bivalentnog spremnika i pada tlaka na kolektorima očitane su iz dijagrama proizvođača u ovisnosti o protoku. Pad tlaka u solarnom krugu se sastoji od pada tlaka u cjevovodima, kolektorima i solarnom izmjenjivaču. U tablici 16. prikazani su rezultati hidrauličkog proračuna solarnog kruga.

**Tablica 16. Proračun pada tlaka u solarnom krugu**

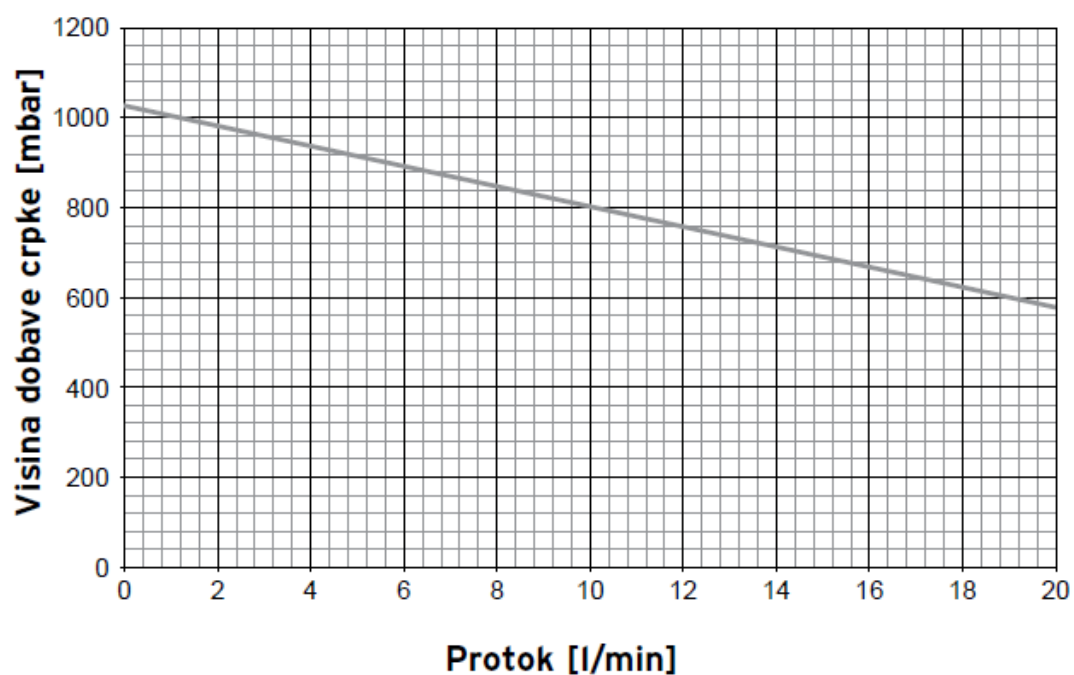
Dionica	L [m]	q <sub>v</sub> [l/h]	DN [mm]	du [mm]	v [m/s]	R [Pa/m]	R*L [Pa]	Z [Pa]	R*L+Z [Pa]
1	50	470	20	20,0	0,40	200	10000	5000	15000
				Pad tlaka na solarnom izmjenjivaču:					3700
				Pad tlaka na kolektorima:					32500
							<b>Ukupno:</b>		<b>51200</b>

Ulazni podaci za odabir solarne pumpe su:

- protok od 7,8 l/min
- pad tlaka od 51200 Pa

Za cirkulaciju solarne tekućine u solarnom krugu odabire se solarna cijevna grupa proizvođača Vaillant, tip auroFLOW VMS 70 (slika 28.). Solarna cijevna grupa se sastoji od frekventne cirkulacijske pumpe, slavina za punjenje/pražnjenje, slavine za odzračivanje, pokazivača protoka i temperature, nepovratnog ventila i sigurnosne grupe (sigurnosni ventil i priključak za ekspanzijsku posudu). Iz dijagrama proizvođača (slika 27.) za projektni protok solarnog kruga od 7,8 l/min, cirkulacijska pumpa solarne grupe ima preostalu visinu dizanja od 83000 Pa čime može svladati hidrauličke otpore u solarnom krugu.





Slika 27. Preostala visina dizanja pume solarne cijevne grupe u ovisnosti o protoku [9]



Slika 28. Solarna cijevna grupa Vaillant, tip auroFLOW VMS 70 [9]

### 6.3. Odabir ekspanzijske posude solarnog kruga [9]

Ekspanzijska posuda solarnog kruga odabrana je prema preporuci proizvođača Vaillant (slika 29.). Za paralelni spoj od 5 kolektora i duljinu bakrenog cjevovoda od 50 m, odabrana je ekspanzijska posuda za solarne sustave proizvođača ELBI , tip DS-35, volumena 35 l (slika 30.).

Broj kolektora VFK 145	Statička visina [m]								
	10			20			30		
	Ukupna duljina cjevovoda [m]								
	30	40	50	40	50	60	60	70	80
2	18	18	18	18	18	25	35	35	35
3	25	25	25	25	25	25	50	50	50
4	25	25	25	35	35	35	50	50	50
5	35	35	35	50	50	50	80	80	80
6	50	50	50	80	80	80	100	100	100
7	80	80	80	80	80	80	118	118	118
8	80	80	80	80	80	80	118	118	118
9	80	80	80	118	118	118	180	180	180
10	100	100	100	118	118	118	180	180	180
11	100	100	100	125	125	125	200	200	200
12	118	118	118	150	150	150	218	218	218
13	118	118	118	180	180	180	235	235	235
14	125	125	125	180	180	180	250	250	250

**Slika 29. Preporučeni volumeni ekspanzijskih posuda ovisno o duljini cjevovoda i broju kolektora [9]**



**Slika 30. Ekspanzijska posuda Elbi , tip DS-35, volumen 35 l [19]**

## 7. HIDRAULIČKI PRORAČUN CJEVOVODA I ODABIR PUMPE

Predviđeni sustav s dizalicom topline se hidraulički može podijeliti na tri osnovna kruga:

- krug podzemne vode,
- međukrug,
- krug zgrade.

Krug zgrade se dijeli na dva podkruga:

- primarni krug,
- sekundarni krug.

Kako bi se ostvarila projektnom previđena cirkulacija ogrjevnog/rashladnog medija i razdioba topline u pojedinom hidrauličkom krugu, potrebno je pravilno dimenzionirati i odabrati pumpe. Ulazni podaci na temelju kojih se odabire pumpa su protok i pad tlaka. Projektni protok se dobiva na temelju instaliranih učina odnosno korigiranih instaliranih učina. Pad tlaka se dobiva proračunom cjevovoda po dionicama za režim grijanja i za režim hlađenja. Prilikom hidrauličkog proračuna se pretpostavlja da ne postoje toplinski gubici u cjevovodu. Predviđeno je korištenje bakrenih cijevi (dimenzije cijevi prema normi EN 1507) u krugu zgrade i međukrugu dok se u krugu podzemne vode predviđa korištenje polietilenskih cijevi. Prilikom odabira dimenzije cijevi u pojedinoj dionici korištene su preporučene brzine prikazane u tablici 17.

**Tablica 17. Preporučene brzine strujanja vode u cijevima [1]**

Nazivna dimenzija cijevi [mm]	Brzina strujanja vode [m/s]	
	Minimum	Maksimum
<DN15	0,01-0,013	0,3
DN15	0,013	0,35
DN20	0,015	0,65
DN25	0,018	0,8
DN32	0,02	1,0
DN40	0,03	1,5
DN50	0,04	1,5
>DN50	0,05-0,06	1,5

Ukupni pad tlaka u cjevovodu jednak je zbroju pada tlaka uslijed trenja (linijski pad tlaka) i lokalnih padova tlaka (pad tlaka na armaturi, ogrjevnim tijelima, izmjenjivačima, pri promjeni smjera strujanja...).

### 7.1. Krug podzemne vode

Kao što je prikazano na slici 18. potopna pumpa, koja je smještena u crpnom bunaru, omogućuje cirkulaciju podzemne vode u krugu podzemne vode. Potopna pumpa dobavlja podzemnu vodu prema pločastom izmjenjivaču topline izmjenjivačkog modula te se nakon izmjene topline s vodom međukruga, podzemna voda ponovo vraća u podzemni tok putem upojnog bunara. Upojni bunaru mora biti uvijek mora biti smješten nizvodno u odnosu na crpni bunar te se preporučuje minimalni razmak od 15 metara između crpnog i upojnog bunara. Proračun pada tlaka se uobičajeno vrši tako da se sustav promatra kao otvoreni odnosno u obzir se uzima visina na koju pumpa dobavlja podzemnu vodu ( pretpostavljena vertikalna udaljenost od površine podzemne vode do izmjenjivačkog modula - 6 m). [20]

Nazivni protok pumpe je određen na temelju promjene temperature podzemne vode od 3°C [7] i nazivnog rashladnog učina na isparivaču 13,7 kW u režimu grijanja. Protok podzemne vode u režimu hlađenja je manji iz razloga što je projektno toplinsko opterećenje zgrade manje u odnosu na instalirani ogrjevnii učin podnog grijanja, a uzima se jednaka promjena temperature podzemne vode kao i u režimu grijanja. U tablici 18. dani su rezultati proračuna pada tlaka u krugu podzemne vode. U ukupan pad tlaka je uračunat pad tlaka na izmjenjivaču izmjenjivačkog modula (očitan iz dijagrama proizvođača [9] u ovisnosti o protoku) te hidrostatski tlak dizanja podzemne vode.

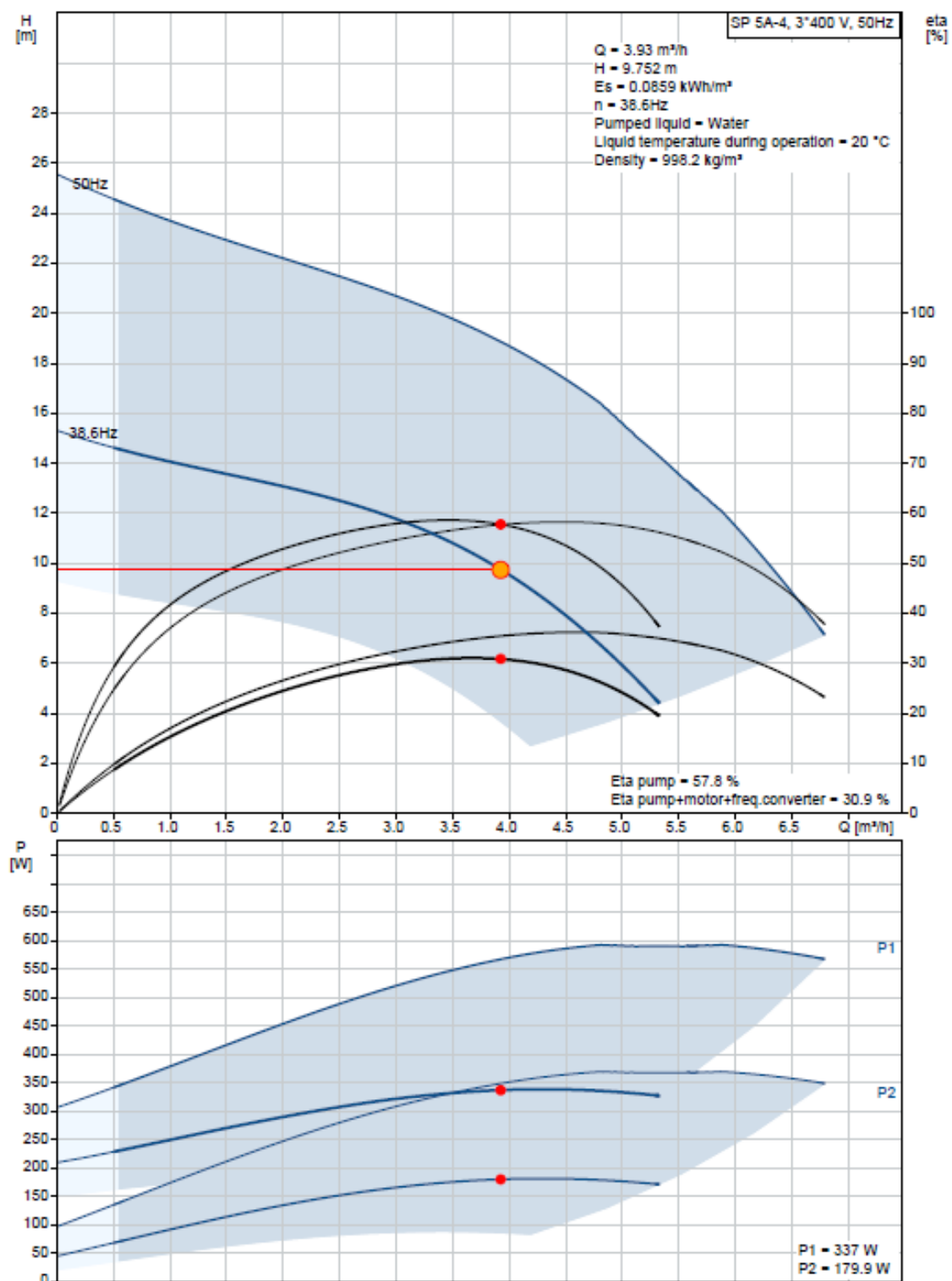
**Tablica 18. Proračun pada tlaka u krugu podzemne vode**

Dionica	L [m]	$\Phi$ [W]	$q_m \cdot c_w$ [W/°C]	$q_m$ [kg/s]	DN [mm]	du [mm]	v [m/s]	R [Pa/m]	R*L [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R*L+Z [Pa]
1	30	13700	4567	1,09	40	40,8	0,83	180	5760	33,7	11901	17661
								Pad tlaka na izmjenjivaču:				19000
								Hidrostatski tlak dizanja vode:				58860
										<b>Ukupno:</b>		<b>115141</b>

Prema rezultatima proračuna, ulazni podaci za odabir pumpe su:

- protok od 3,93 m<sup>3</sup>/h
- visina dizanja od 9,74 m

Odabir pumpe vrši se putem web aplikacije proizvođača Grundfos [21]. Aplikacija omogućuje optimalan odabir pumpe, u ovisnosti o protoku, padu tlaka i vrsti pumpe. Odabrana je potopna pumpa proizvođača Grundfos, tip SP 5A-4. Na slici 31. dan je prikaz radne točke pumpe dok je na slici 32. prikazana sama pumpa.



Slika 31. Prikaz radne točke potopne pumpe Grundfos, tip SP 5A-4 [21]




Slika 32. Potopna pumpa Grundfos, tip SP 5A-4 [21]

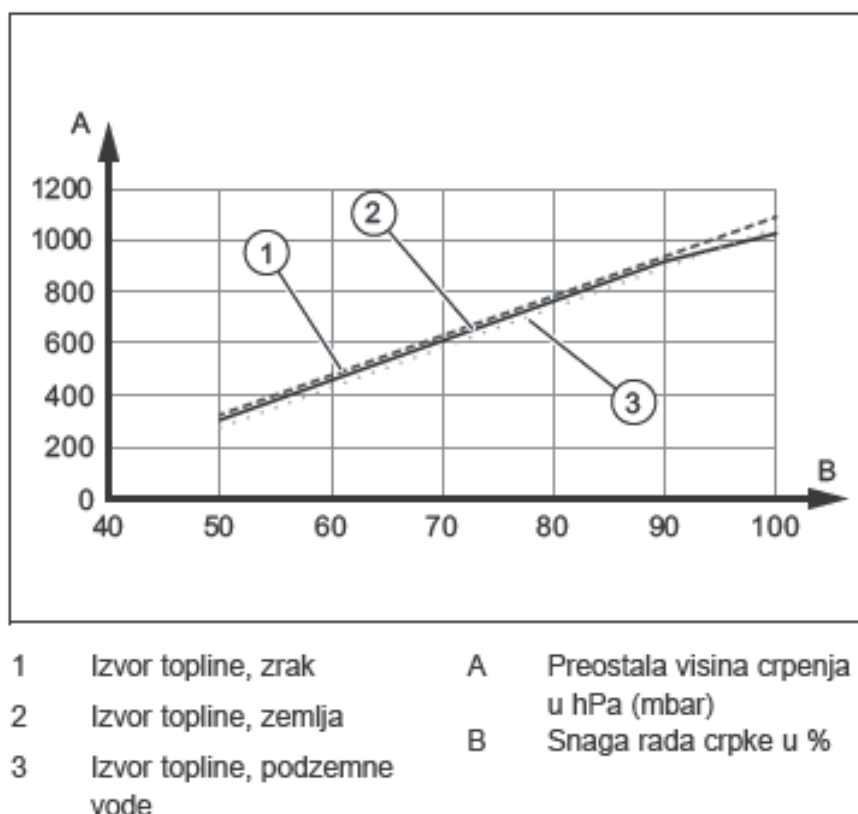
## 7.2. Međukrug

U međukrugu se cirkulacija vode ostvaruje pomoću cirkulacijske pumpe upravljanje brojem okretaja, koja je tvornički ugrađena u dizalicu topline. Proračun se također radi prema nazivnom protoku u režimu grijanja zbog većeg protoka, koji isti kao i u krugu podzemne vode zbog jednake promjene temperature vode u međukrugu ( $3^{\circ}\text{C}$ ) i jednakog toplinskog učina koji se predaje (13,7 kW). Najveća preostala visina dizanja pri nazivnom protoku međukruga iznosi 9,17 m odnosno 90000 Pa. Proračunom je potrebno provjeriti može li raspoloživa visina dizanja ugrađene pumpe pri nazivnom protoku svladati hidrauličke otpore u međukrugu. U tablici 19. su dani rezultati proračuna pada tlaka za međukrug. U ukupan pad tlaka je uračunat pad tlaka na izmjenjivaču izmjenjivačkog modula (očitan iz dijagrama proizvođača [9] u ovisnosti o protoku).

Tablica 19. Proračun pada tlaka u međukrugu

Dionica	L [m]	 [W]	$q_m \cdot c_w$ [W/°C]	$q_m$ [kg/s]	DN [mm]	$d_u$ [mm]	$v$ [m/s]	R [Pa/m]	$R \cdot L$ [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	$R \cdot L + Z$ [Pa]
1	4	13700	4567	1,09	40	39,0	0,91	220	880	16,5	6877	7757
								Pad tlaka na izmjenjivaču:				28000
										<b>Ukupno:</b>		<b>35757</b>

Iza tablice 19. je vidljivo da je za nominalni protok od 3,93 m<sup>3</sup>/h pad tlaka u međukrugu 35757 Pa odnosno 3,64 m te da ugrađena pumpa zadovoljava. Ugrađena pumpa je upravljana brojem okretaja te regulacija održava konstantan protok pumpe prilagođavajući se nametnutim hidrauličkim otporima. Iz slike 33., koja prikazuje snagu pumpe u % u ovisnosti o preostaloj visini dizanja kod nominalnog protoka, vidljivo je da pumpa radi s približno 55% snage.



Slika 33. Snaga rada pumpe međukruga u % u ovisnosti i preostaloj visini [9]

### 7.3. Krug zgrade


Kao što je već navedeno hidraulički krug zgrade se sastoji od primarnog kruga (dizalica topline - međuspremnik i dizalica topline - spremnik PTV-a) i sekundarnog kruga (međuspremnik - krugovi potrošača).

#### 7.3.1. Primarni krug


Primarni krug obuhvaća spojni cjevovod između međuspremnika ogrjevnog/rashladnog vode i dizalice topline odnosno spojni cjevovod između međuspremnika i spremnika PTV-a.

Također, za cirkulaciju vode u ovom krugu koristi se tvornički ugrađena cirkulacijska pumpa u dizalici topline. Kao i za međukrug, napravljen je proračun pada tlaka primarnog kruga kako bi se provjerilo može li najveća raspoloživa visina dizanja pri nazivnom protoku cirkulacijske pumpe svladati nametnute hidrauličke otpore. Pumpa je također upravljanja brojem okretaja te nazivni protok primarnog kruga iznosi  $2,92 \text{ m}^3/\text{h}$  dok najveća preostala visina dizanja kod nominalnog protoka iznosi  $6,01 \text{ m}$  odnosno  $56000 \text{ Pa}$ . Kao što je ranije navedeno, primarni krug se sastoji od dva spojna cjevovoda u kojima cirkulaciju vode omogućava ista pumpa (tvornički ugrađeni troputni prekretni ventil usmjerava tok ili na spremnik PTV-a ili na međuspremnik) te je stoga potrebno odrediti koji od spojnih cjevovoda predstavlja kritičnu dionicu (dionicu s najvećim padom tlaka). U tablici 20. i 21. su dani rezultati proračuna pada tlaka za spojne cjevovode primarnog kruga. U ukupan pad tlaka cjevovoda prema spremniku PTV-a je uračunat pad tlaka na gornjem izmjenjivaču spremnika PTV-a (očitan iz dijagrama proizvođača [18] u ovisnosti o protoku).

**Tablica 20. Proračun pada tlaka u primarnom krugu - prema spremniku PTV-a**

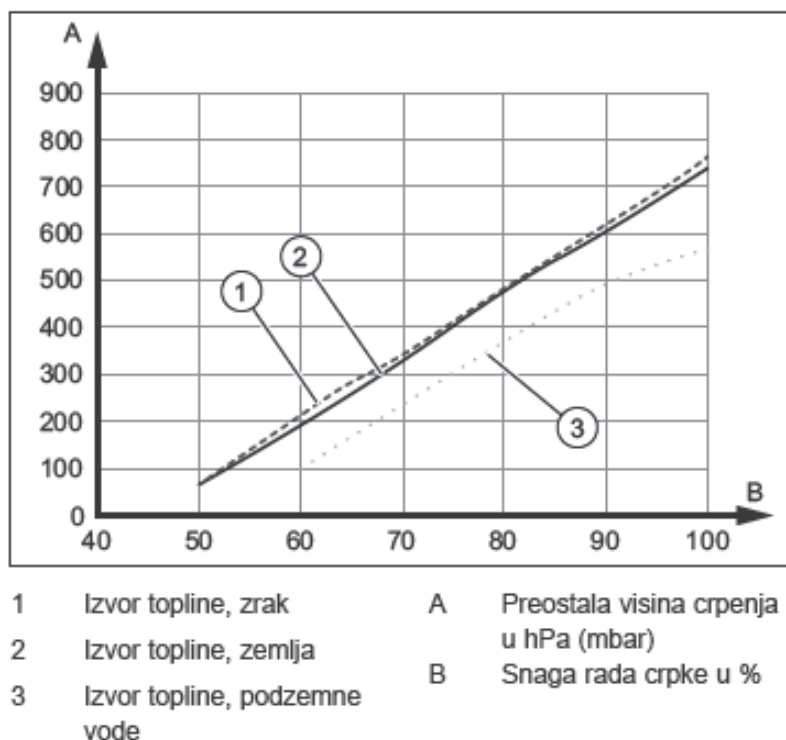
Dionica	L [m]	 [W]	$q_m \cdot c_w$ [W/°C]	$q_m$ [kg/s]	DN [mm]	du [mm]	v [m/s]	R [Pa/m]	R*L [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R*L+Z [Pa]
1	8	16800	3360	0,81	40	39,0	0,68	140	1120	26,0	5993	7113
								Pad tlaka na gornjem izmjenjivaču:				8400
										<b>Ukupno:</b>		<b>15513</b>

**Tablica 21. Proračun pada tlaka u primarnom krugu - prema međuspremniku**

Dionica	L [m]	 [W]	$q_m \cdot c_w$ [W/°C]	$q_m$ [kg/s]	DN [mm]	du [mm]	v [m/s]	R [Pa/m]	R*L [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R*L+Z [Pa]
1	6	16800	3360	0,81	40	39,0	0,68	140	840	12,5	2881	3721
										<b>Ukupno:</b>		<b>3721</b>

Iz tablice 20. je vidljivo da je spojni cjevovod prema spremniku PTV-a kritična dionica. Za nominalni protok od  $2,92 \text{ m}^3/\text{h}$  pad tlaka u primarnom krugu iznosi  $15513 \text{ Pa}$  odnosno  $1,58 \text{ m}$  te se iz toga zaključuje da ugrađena pumpa zadovoljava. Ugrađena pumpa je upravljana brojem okretaja te regulacija održava konstantan protok pumpe prilagođavajući se nametnutim hidrauličkim otporima. Iz slike 34., koja prikazuje snagu pumpe u % u ovisnosti o preostaloj visini dizanja kod nominalnog protoka, vidljivo je da pumpa radi s približno 65% snage.





Slika 34. Snaga rada pumpe primarnog kruga u % u ovisnosti o preostaloj visini [9]

### 7.3.2. Sekundarni krug

Sekundarni krug se sastoji od spojnih cjevovoda između međuspremnik i sabirnika/razdjelnika. Sabirnik/razdjelnik s tri kruga grijanja/hlađenja se nalazi u strojarnici te služi za razdvajanje sekundarnog kruga na tri kruga potrošača (po jedan krugu za svaku vlasničku jedinicu). U svakom krugu potrošača je jedna cirkulacijska pumpa koja omogućuje cirkulaciju ogrjevnog/rashladnog vode od međuspremnik do petlji podnog grijanja. U tablici 22. su prikazani projektni protoci za krug potrošača svake vlasničke jedinice u režimu grijanja i hlađenja. Oznaka RO predstavlja razdjelni ormarić. Proračun pada tlaka za svaki krug potrošača se radi na temelju veće vrijednosti između protoka u režimu grijanja i hlađenja. Također je potrebno provjeriti koliki je pad tlaka u svakom krugu potrošača za režim pasivnog hlađenja zbog relativno velikog pada tlaka za pločastom izmjenjivaču izmjenjivačkog modula.

Tablica 22. Projektni protoci po krugovima potrošača

	$\Phi_{inst,gr,kor}$ [W]	$V_{gr}$ [m <sup>3</sup> /h]	$\Phi_{inst,hl,kor}$ [W]	$V_{hl}$ [m <sup>3</sup> /h]
<b>POSLOVNI PROSTOR</b>				
RO0.1	3436	0,49	2709	0,58
RO0.2	647	0,09	221	0,05
Ukupno Poslovni prostor	4083	0,58	2930	0,63
<b>STAN 1</b>				
R01.1	3471	0,50	2011	0,43
Ukupno Stan 1	3471	0,50	2011	0,43
<b>STAN 2</b>				
RO2.1	4414	0,63	2213	0,48
RO3.1	3555	0,51	2099	0,45
Ukupno Stan 2	7969	1,14	4312	0,93
<b>UKUPNO</b>				
	15523	2,22	9253	1,99

Najveći pad tlaka u svim krugovima potrošača se dobiva u režimu pasivnog hlađenja te rezultati proračuna prikazani u tablicama 23., 24. i 25. Pad tlaka petlje podnog grijanja/hlađenja je izračunat prilikom dimenzioniranja podnog grijanja u računalnom programu IntegraCAD te uključuje pad tlaka u cijevima uslijed lokalnih i linijskih hidrauličkih otpora kao i pad tlaka na razdjelniku i armaturi na razdjelniku. U sljedećim tablicama su prikazani iznosi pada tlaka za kritične petlje dok su padovi tlaka u ostalim petljama prikazani u grafičkim prilogima.

Tablica 23. Proračun pada tlaka u krugu potrošača - poslovni prostor za režim pasivnog hlađenja

Dionica	L [m]	$\Phi$ [W]	$q_m \cdot c_w$ [W/°C]	$q_m$ [kg/s]	DN [mm]	Du [mm]	V [m/s]	R [Pa/m]	R*L [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R*L+Z [Pa]
1	2,5	9253	2313	0,55	40	39	0,46	70	175	9,5	1021	1196
2	3,0	9253	2313	0,55	32	32	0,69	170	510	17,8	4222	4732
3	40,0	2930	733	0,18	25	25	0,36	55	2200	32,3	2062	4262
4	1,0	2709	677	0,16	25	25	0,33	45	45	5	273	318
								Petlja podnog grijanja P0.5:				4660
								Pločasti izmjenjivač:				7500
										<b>Ukupno:</b>		<b>22469</b>

**Tablica 24. Proračun pada tlaka u krugu potrošača - stan 1 za režim pasivnog hlađenja**

Dionica	L [m]	$\Phi$ [W]	$q_m \cdot c_w$ [W/°C]	$q_m$ [kg/s]	DN [mm]	Du [mm]	V [m/s]	R [Pa/m]	R*L [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R*L+Z [Pa]
1	2,5	9253	2313	0,55	40	39	0,46	70	175	9,5	1021	1196
2	3,0	9253	2313	0,55	32	32	0,69	170	510	17,8	4222	4732
3	48,0	2011	503	0,12	25	25	0,25	30	1440	32,3	971	2411
								Petlja podnog grijanja P1.4:				2610
								Pločasti izmjenjivač:				7500
										<b>Ukupno:</b>		<b>18450</b>

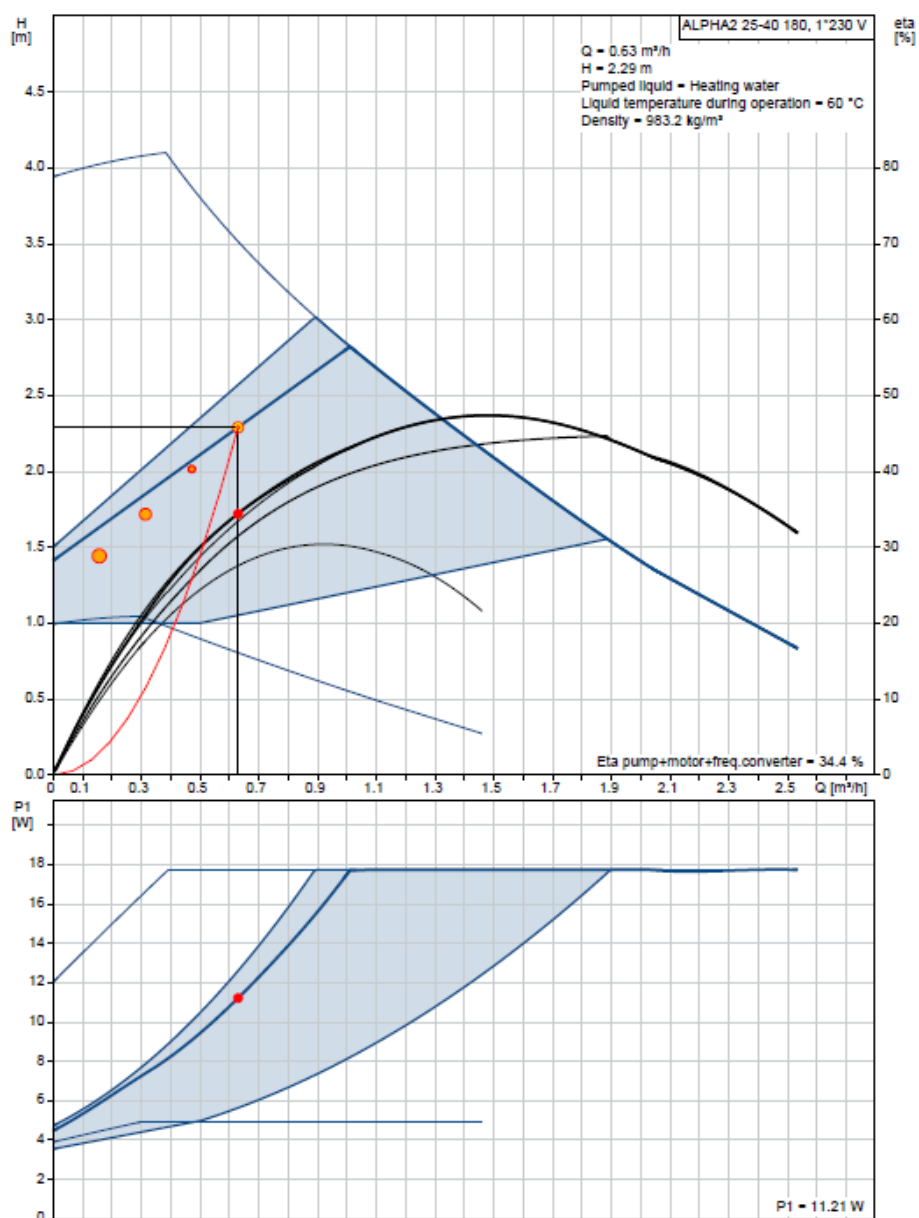
**Tablica 25. Proračun pada tlaka u krugu potrošača - stan 2 za režim pasivnog hlađenja**

Dionica	L [m]	$\Phi$ [W]	$q_m \cdot c_w$ [W/°C]	$q_m$ [kg/s]	DN [mm]	du [mm]	V [m/s]	R [Pa/m]	R*L [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R*L+Z [Pa]
1	2,5	9253	2313	0,55	40	39	0,46	70	175	9,5	1021	1196
2	3,0	9253	2313	0,55	32	32	0,68	170	510	17,8	4222	4732
3	60,0	4312	1078	0,25	25	25	0,52	100	6000	33,3	4605	10605
4	1,0	2099	525	0,12	25	25	0,25	30	30	5	164	194
								Petlja podnog grijanja P3.5:				6880
								Pločasti izmjenjivač:				7500
										<b>Ukupno:</b>		<b>31108</b>

Odabir pumpi krugova potrošača se također vrši putem web aplikacije proizvođača Grundfos [21]. Prema rezultatima proračuna, ulazni podaci za odabir pumpe poslovnog prostora su:

- protok od 0,63 m<sup>3</sup>/h
- visina dizanja od 2,29 m

Odabrana je cirkulacijska pumpa upravljana brojem okretaja kao proizvod Grundfos, tip ALPHA2 25-40 180 s navojnim priključkom. Radna točka odabrane pumpe prikazana je na slici 35..

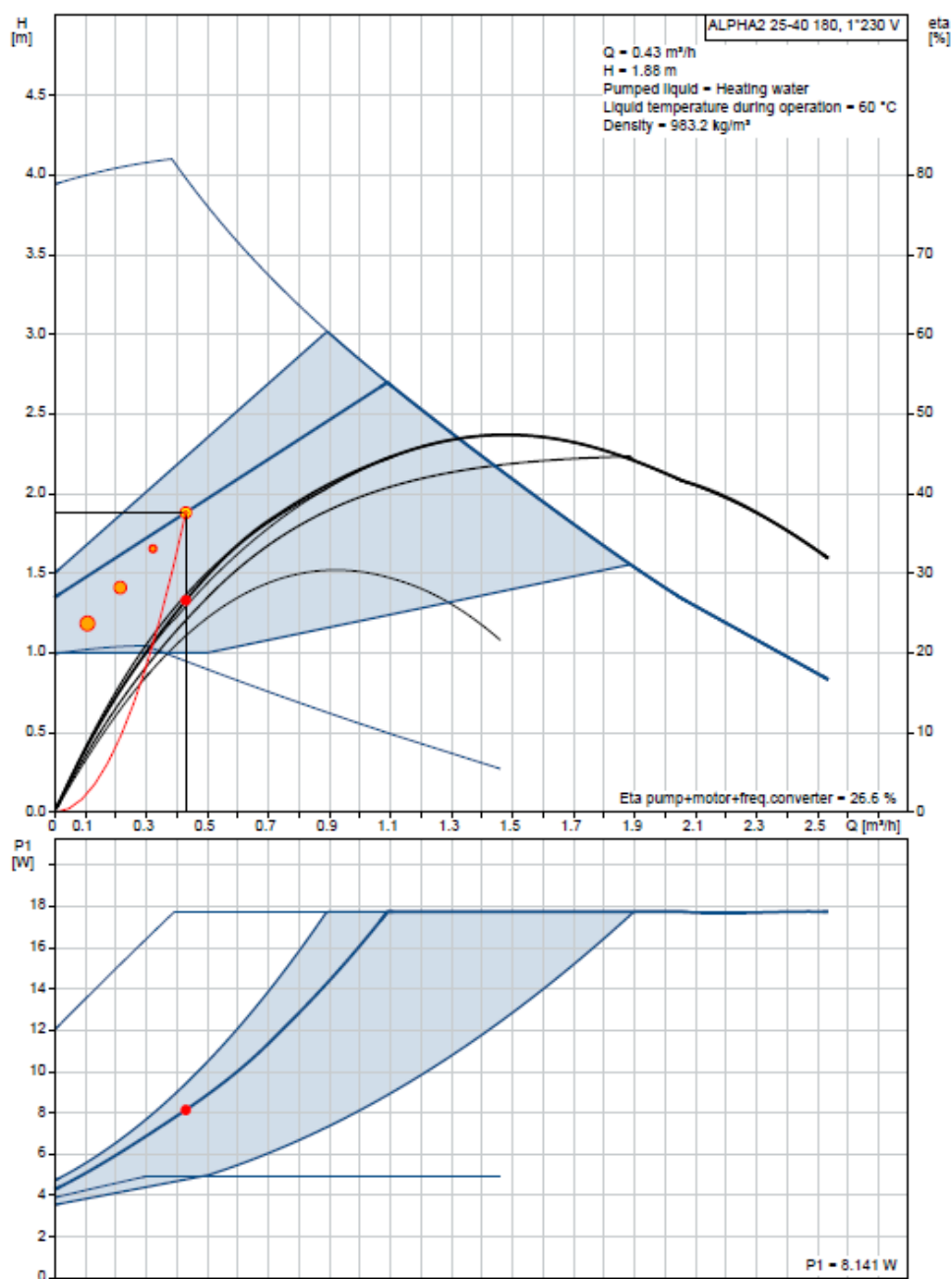


**Slika 35. Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe poslovnog prostora Grundfos, tip ALPHA2 25-40 180 [21]**

Prema rezultatima proračuna, ulazni podaci za odabir pumpe stana 1 su:

- protok od  $0,43 \text{ m}^3/\text{h}$
- visina dizanja od  $1,88 \text{ m}$

Odabrana je cirkulacijska pumpa upravljana brojem okretaja kao proizvod Grundfos, tip ALPHA2 25-40 180 s navojnim priključkom. Radna točka odabrane pumpe prikazana je na slici 36..

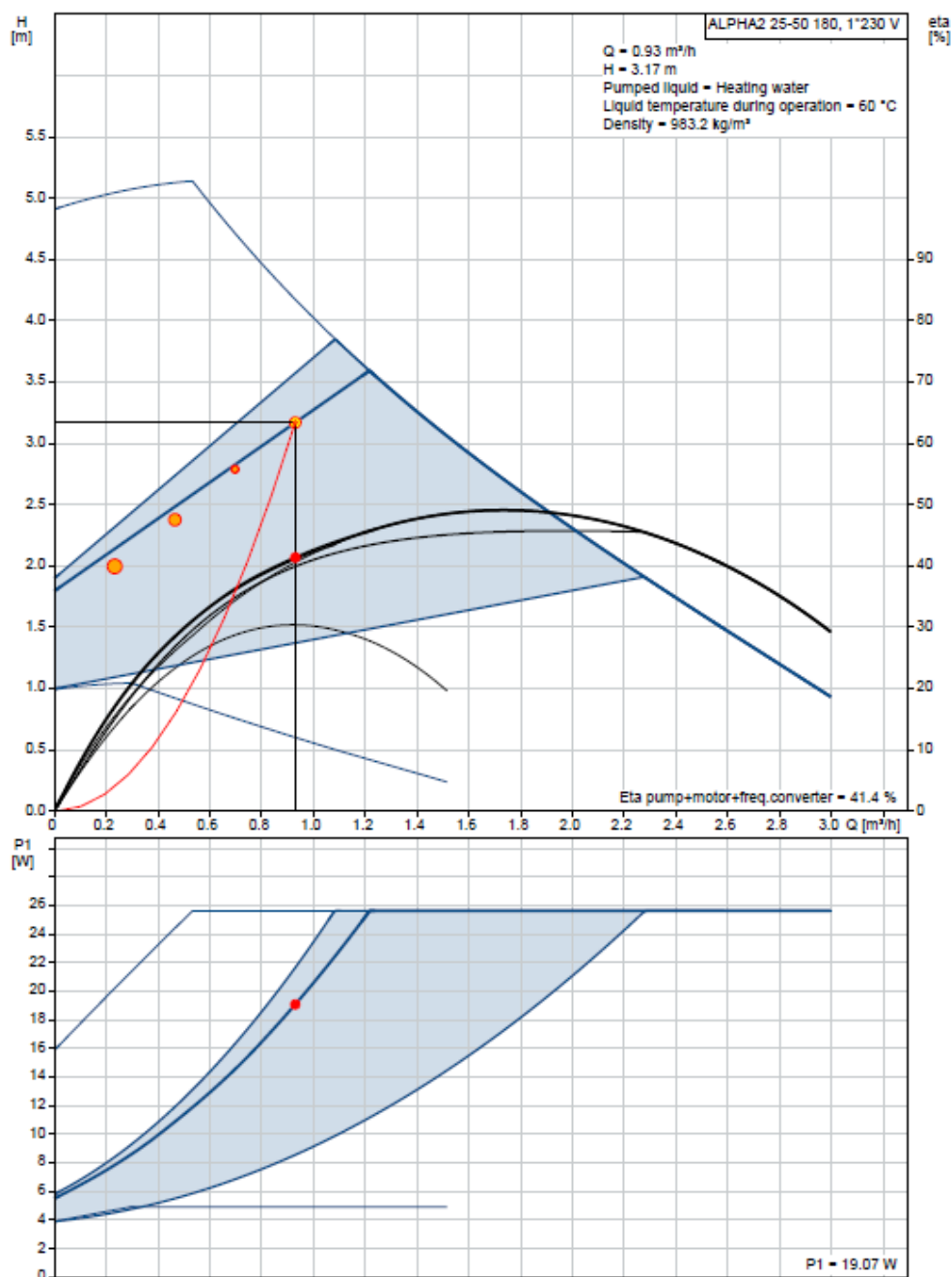


**Slika 36. Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe stana 1 Grundfos, tip ALPHA2 25-40 180 [21]**

Prema rezultatima proračuna, ulazni podaci za odabir pumpe stana 2 su:

- protok od 0,93 m³/h
- visina dizanja od 3,17 m

Odabrana je cirkulacijska pumpa upravljana brojem okretaja kao proizvod Grundfos, tip ALPHA2 25-50 180 s navojnim priključkom. Radna točka odabrane pumpe prikazana je na slici 37..



Slika 37. Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe stana 2 Grundfos, tip ALPHA2 25-50 180 [21]

Na slici 38. prikazana je cirkulacijska pumpa za stan 2.



**Slika 38. Cirkulacijska pumpa Grundfos, tip ALPHA2 25-50 180 [21]**

## 8. DIMENZIONIRANJE I ODABIR EKSPANZIJSKOG SUSTAVA

Kako bi se tlak u sustavu grijanja/hlađenja održao unutar zadanih granica, potrebno je dimenzionirati i odabrati ekspanzijsku posudu. Ekspanzijska posuda služi za podešavanje minimalnog tlaka kao i za sprječavanje prekoračenja najvećeg dozvoljenog radnog pretlaka. Prilikom promjene temperature ogrjevnog/rashladnog medija dolazi do promjene volumena te se ekspanzijska posuda također koristi kako bi se ta promjena volumena kompenzirala. Prilikom dimenzioniranja se u obzir uzima i dodatni volumen ogrjevnog/rashladnog medija koji omogućuje pokrivanje manjka medija tijekom pogona sustava. Načelno ekspanzijski sustav može biti otvoren ili zatvoren te je u ovom radu korištena zatvorena membranska ekspanzijska posuda. Ekspanzijska membranska posuda je zapravo posuda pod tlakom u kojoj stlačeni plin od ogrjevnog/rashladnog medija odvojen elastičnom membranom. Postavlja se u strojarnici te se preko jedne cijevi spaja na povratni vod. Također, na spojnu cijev ekspanzijske posude se postavlja i sigurnosni ventil. Odabrana dizalica topline ima tvornički predviđen priključak za spojnu cijev s ekspanzijskom posudom i sigurnosnim ventilom. Sigurnosni ventil služi za zaštitu sustavu u slučaju prekoračenja najvećeg dozvoljenog radnog tlaka. Odabire se sigurnosni ventil s nazivnim tlakom otvaranja od 3 bar, dimenzije DN20. U nastavku je prikazan proračun ekspanzijske membranske posude. [1]

Minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude se računa prema sljedećim izrazima:

$$V_{n,min} = (V_{\varepsilon} + V_V) \cdot \frac{p_{\varepsilon} + 1}{p_{\varepsilon} - p_0} \quad [l] \quad (25)$$

$$V_{\varepsilon} = \frac{n \cdot V_A}{100} \quad [l] \quad (26)$$

- $V_{n,min}$  - minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude [l]
- $V_{\varepsilon}$  - volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10°C najveće temperature polaznog voda dizalice topline od 75°C [l]
- $V_V$  - dodatni volumen, uzima se kao manja vrijednost od 0,5% volumena vode u sustav i minimalnog volumena od 3l [l]



- $p_e$  - projektni krajnji tlak povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila (kod sustava koji rade pri tlakovima manjim od 5 bar se procjenjuje na 0,5 bar ispod nazivnog tlaka otvaranja sigurnosnog ventila) [bar]
- $p_0$  - primarni tlak ekspanzijske posude (tlak plina prilikom isporuke), 1,5 bar za sustave visine 10-15 m [bar]
- $n$  - postotak širenja vode prilikom zagrijavanja s 10°C na 75°C [%]
- $V_A$  - volumen vode u sustavu [l]

U tablici 26. prikazani su ulazni podaci i rezultati proračuna ekspanzijske posude.

**Tablica 26. Ulazni podaci i rezultati proračuna ekspanzijske posude**

Dizalica topline	6	1
Međuspremnik	303	1
Cjevovodi	115	1
Razdjelnik/sabirnik	6	1
Petlje podnog grijanja	280	1
Izmjenjivački modul	8	1
Gornji izmjenjivač spremnika PTV-a	40	1
$V_A$	778	1
$n$	2,56	%
$V_e$	19,9	1
$V_V$	3,9	1
$p_e$	2,5	bar
$p_0$	1,5	bar
$V_{n,min}$	<b>79,0</b>	<b>1</b>

S obzirom na minimalni potrebni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude od 79,0 l, odabire se ekspanzijska posuda proizvođača IMI PNEUMATEX, tip MN-80 , volumena 80 l (prikazana na slici 39.). Posuda se montira na pod strojarnice.



**Slika 39. Ekspanzijska posuda IMI PNEUMATEX , tip MN-80 , volumen 80 l [22]**

## 9. DIMENZIONIRANJE I ODABIR VENTILACIJSKOG SUSTAVA

Projektom zadatkom je predviđeno da se u prostorijama kvaliteta zraka održava sustavom lokalne mehaničke ventilacije s povratom topline iz istrošenog zraka. Kako bi se mogao odabrati ventilacijski sustav potrebno je odrediti potreban protok zraka koji treba dovoditi odnosno odvoditi iz prostorije. Kako se u zgradi nalaze prostori bez posebnih ventilacijskih zahtjeva, potreban protok se određuje prema preporučenim vrijednostima protoka zraka po osobi. Usvaja se vrijednost od 30 m<sup>3</sup>/h po osobi.[1]

Proračun ventilacijskih zahtjeva prema broju osobi se vrši prema sljedećem izrazu:

$$\dot{V}_o = \dot{V}_{o,p} \cdot N \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (27)$$

- $\dot{V}_o$  - volumni protok vanjskog zraka [m<sup>3</sup>/h]
- $\dot{V}_{o,p}$  - volumni protok vanjskog zraka po osobi [m<sup>3</sup>/h]
- $N$  - pretpostavljeni broj osoba u prostoriji [-]

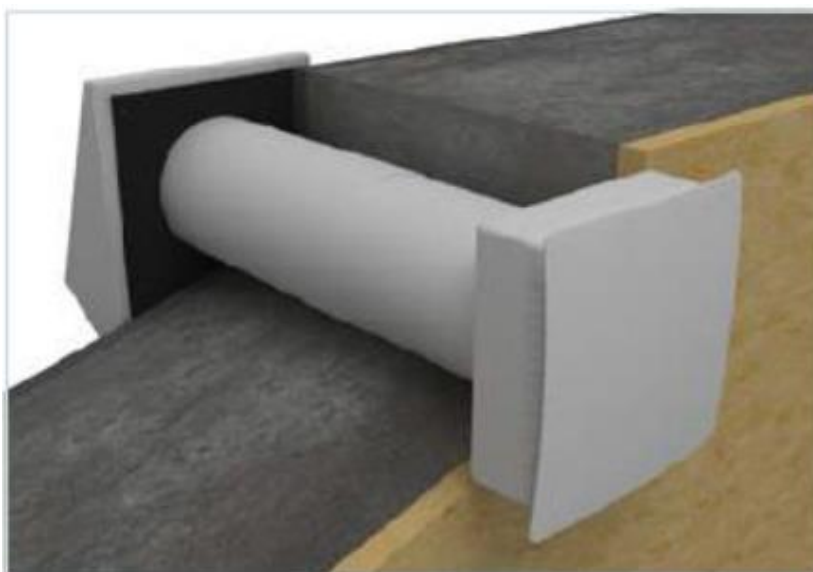
Tablica 27. prikazuje proračun potrebnih volumnih protoka po prostorijama. U određenim prostorijama nije predviđeno postavljanje lokalne mehaničke ventilacije iz razloga što u tim prostorijama ljudi relativno malo borave. U prostorijama s manjim intezitetom boravka ljudi će stvarna potreba za izmjenama zraka biti značajno niža u odnosu na projektne vrijednosti te je korištenje prirodne ventilacije prikladan za takve prostorije.

**Tablica 27. Proračun potrebnih volumnih protoka po prostorijama**

	$N$ [-]	$\dot{V}_{o,p}$ [m <sup>3</sup> /h]	$\dot{V}_o$ [m <sup>3</sup> /h]
<b>Prizemlje</b>			
Ordinacija	2	30	60
Gin. ordinacija	2	30	60
Čekaonica	-	-	-
Medicinska sestra	1	30	30
Predprostor	-	-	-
WC	1	30	30
Kupaonica	1	30	30
Garderoba	1	30	30

<b>Prizemlje ukupno:</b>	<b>8</b>		<b>240</b>
<b>1. kat</b>			
Kupaonica 1	1	30	30
Spavaća soba	1	30	30
Gostinska soba	1	30	30
Garderoba	-	-	-
Dnevni boravak i blagovaonica	2	30	60
Kupaonica 2	1	30	30
Ulaz	-	-	-
Kuhinja	1	30	30
Vešeraj	-	-	-
<b>1. kat ukupno:</b>	<b>7</b>		<b>210</b>
<b>2. kat</b>			
Kupaonica	1	30	30
Spavaća soba	1	30	30
Garderoba	-	-	-
WC	1	30	30
Hodnik	-	-	-
Dnevni boravak i blagovaonica	2	30	60
Ulaz	-	-	-
Kuhinja	1	30	30
Vešeraj	-	-	-
<b>2. kat ukupno:</b>	<b>6</b>		<b>180</b>
<b>3. kat</b>			
Kupaonica	1	30	30
Teretana	1	30	30
Galerija	-	-	-
Spavaća soba 1	1	30	30
Spavaća soba 2	1	30	30
<b>3. kat ukupno:</b>	<b>4</b>		<b>120</b>
<b>UKUPNO:</b>	<b>25</b>		<b>750</b>

U svim prostorijama (osim kupaonice 2 na 1. katu i WC-a na 2. katu) se predviđa ugradnja lokalnih ventilacijskih uređaja proizvođača LUNOS, tip TF160 (slika 40.).



**Slika 40. Ventilacijski uređaj LUNOS, tip TF160 [23]**

Ventilacijski uređaj je kompaktne izvedbe te se sastoji od kratke ventilacijske cijevi u kojoj se nalazi niskošumni reverzibilni aksijalni ventilator, keramički kompozit (služi za akumulaciju topline), filter (klase G3) i pomična ventilacijska rešetka (zaštićena je pokrovnom maskom). Reverzibilni ventilator u naizmjeničnim intervalima mijenja smjer vrtnje odnosno smjer protoka zraka omogućujući povrat topline akumulirane u keramičko-kompozitnoj jezgri po regenerativnom principu. Uređaji se smještaju u vanjske zidove najmanje debljine 30 cm (cilindrični prodor Ø160) i omogućuju lokalnu ventilaciju te iz tog razloga nema potrebe za razvodom ventilacijskih kanala. Tehničke karakteristike odabranog ventilacijskog uređaja su prikazane u tablici 28..

**Tablica 28. Tehničke karakteristike LUNOS, tip TF160 [23]**

Brzina vrtnje ventilatora	I	II	III
Dobava [m <sup>3</sup> /h]	15	30	55
Električna snaga ventilatora [W]	3,80	3,96	5,61
Stupanj povrata topline	do 90%		

U kupaonici 2 na 1. katu i WC-u na 2. katu nije moguće ugraditi ventilacijske uređaje iz razloga što predmetne prostorije ne graniče s vanjskim prostorom. U navedenim prostorija je predviđena ventilacija s odsisnim ventilatorima kako bi prostorije bile u podtlaku čime se onemogućuje širenje mirisa. Odabiru se zidni ventilatori proizvođača LUNOS, tip Silvento

3AP (slika 41.). Odabrani odsisni ventilatori će putem ventilacijske vertikale PVC Ø 100 mm izbacivati zrak. Ventilacijska vertikala završava na krovu te ima zaštitnu krovu kapu. Dimenzija ventilacijske vertikale je odabrana prema priključnoj dimenziji na odsisnom ventilatoru. Nadoknada zraka u prostoriju predviđena je postavljanjem prestrujne rešetke na dnu vrata. Odabrana je prestrujna rešetka proizvođača Klimaoprema, tip OAS-R , dimenzija 425x125mm.



Slika 41. Odsisni ventilator LUNOS, tip Silvento 3AP [23]

Tehničke karakteristike odabranog ventilacijskog uređaja su prikazane u tablici 29..

Tablica 29. Tehničke karakteristike LUNOS, tip Silvento 3AP [23]

Brzina vrtnje ventilatora	I	II	III
Dobava [m <sup>3</sup> /h]	30	60	100
Električna snaga ventilatora [W]	4,9	10,0	15,0
Preostali statički tlak pri protoku u III brzini	210 Pa		

U tablici 30. su prikazani rezultati proračuna pada tlaka u ventilacijskim vertikalama.

Tablica 30. Pad tlaka u ventilacijskim vertikalama

Prostorija	L [m]	V [m <sup>3</sup> /h]	d [mm]	v [m/s]	R [Pa/m]	R*L	Σξ [-]	Z [Pa]	R*L+ Z [Pa]
1. Kat - Kupaonica 2	8	100	100	3,54	3,2	25,6	2,75	20,7	46,3
2. Kat - WC	5	100	100	3,54	3,2	16,0	2,75	2,9	36,7

Vidljivo je da ventilatori imaju dovoljan preostali statički tlak za svladavanje otpora strujanja u vertikalama.

U tablici 31. prikazani je broj instaliran ventilacijskih uređaja i ventilatorima po prostorijama.

**Tablica 31. Broj instaliranih ventilacijskih uređaja i ventilatora po prostorijama**

	$\dot{V}_o$ [m <sup>3</sup> /h]	TF160	Silvento 3SP	Ukupna dobava u prostoriji [m <sup>3</sup> /h]
<b>Prizemlje</b>				
Ordinacija	60	2	-	60
Gin. ordinacija	60	2	-	60
Čekaonica	-	-	-	-
Medicinska sestra	30	1	-	30
Predprostor	-	-	-	-
WC	30	1	-	30
Kupaonica	30	1	-	30
Garderoba	30	1	-	30
<b>Prizemlje ukupno:</b>	<b>240</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>240</b>
<b>1. kat</b>				
Kupaonica 1	30	1	-	30
Spavaća soba	30	1	-	30
Gostinska soba	30	1	-	30
Garderoba	-	-	-	-
Dnevni boravak i blagovaonica	60	2	-	60
Kupaonica 2	30	-	1	30
Ulaz	-	-	-	-
Kuhinja	30	1	-	30
Vešeraj	-	-	-	-
<b>1. kat ukupno:</b>	<b>210</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>210</b>
<b>2. kat</b>				
Kupaonica	30	1	-	30
Spavaća soba	30	1	-	30
Garderoba	-	-	-	-
WC	30	1	-	30
Hodnik	-	-	-	-
Dnevni boravak i blagovaonica	60	2	-	60
Ulaz	-	-	-	-
Kuhinja	30	1	-	30
Vešeraj	-	-	-	-
<b>2. kat ukupno:</b>	<b>180</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>180</b>
<b>3. kat</b>				
Kupaonica	30	1	-	30
Teretana	30	1	-	30
Galerija	-	1	-	-
Spavaća soba 1	30	1	-	30
Spavaća soba 2	30	1	-	30
<b>3. kat ukupno:</b>	<b>120</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>120</b>
<b>UKUPNO:</b>	<b>750</b>	<b>25</b>	<b>2</b>	<b>750</b>

## 10. TEHNIČKI OPIS TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA I REGULACIJE

Predmetna stambeno-poslovna zgrada, ukupne korisne površine 600 m<sup>2</sup>, se nalazi na području Zagreba te se sastoji od ukupno pet etaža. Negrijani/nehlađeni prostor zgrade čini etaža podruma, u kojoj se nalazi garaža i strojarnica, dok su ostale etaže grijanje odnosno hlađene. U etaži prizemlja je smještena ginekološka ordinacija (poslovni prostor), na 1. katu je smještena stambena jedinica (stan 1) dok se druga stambena jedinica (stan 2) nalazi na 2. i 3. katu.

Projektni toplinski gubici zgrade prema normi HRN EN 12831 iznose 13,94 kW dok toplinsko opterećenje zgrade prema smjernici VDI 2078 iznosi 6,714 kW. U zgradi je predviđen sustav centralnog toplovodnog grijanja odnosno hlađenja s dizalicom topline voda-voda kao izvorom ogrjevnog/rashladnog učina. Kao ogrjevna/rashladna tijela su u prostorijama predviđene petlje podnog grijanja. Priprema PTV-a je predviđena putem akumulacijskog bivalentnog spremnika sa solarnim kolektorima uz podršku dizalice topline. Solarni kolektori su dimenzionirani prema normi HRN EN 15316-4-3. Za potrebe održavanja odgovarajuće kvalitete zraka u prostorijama, predviđen je sustav lokalne prisilne ventilacije s povratom topline. U prostorijama koje ne graniče s vanjskim prostorom predviđeni su odsisni zidni ventilatori.

### 10.1. Grijanje i hlađenje

Kao izvor toplinskog i rashladnog učina koristi se dizalica topline voda-voda proizvođača Vaillant, tip flexoTHERM VWF 157/4, nazivnog toplinskog učina 16,8 kW (W10/W35  $\Delta T=5K$ ) s crpnom i upojnom bušotinom za podzemnu vodu dubine 6 m. Crpni i upojni bunar su smješteni s južne strane zgrade. Dizalica topline koristi radnu tvar R410a te je smještena u strojarnici. Dizalica topline je u indirektnoj izvedbi s izmjenjivačkim modulom fluoCOLLECT VWW 19/4 SI koji se sastoji od odgovarajuće dimenzioniranog pločastog izmjenjivača topline, ekspanzijske posude volumena 3l, sigurnosnog ventila te armature za punjenje i pražnjenje. U indirektnoj izvedbi između isparivača (ili kondenzator ovisno radi li se o režimu grijanja ili hlađenja) i podzemne vode postoji hidraulički međukrug u kojem se nalazi voda. Međukrug sprečava neposredni kontakt podzemne vode i izmjenjivačke površine



unutar dizalice topline te ju tako štiti od korozije i mehaničkih oštećenja. Cirkulaciju podzemne vode u krugu podzemne vode omogućuje potopna pumpa proizvođača Grundfos, tip SP 5A-4PE80 te je ista smještena u crpnom bunaru. Cjevovodi kruga podzemne vode su polietilenske cijevi PEHD80 Ø50x4,6 mm, vođene pod zemljom kako bi se onemogućilo smrzavanje podzemne vode, dok su cjevovodi međukruga i krug zgrade od bakrenih cijevi. Cjevovodi unutar zgrade se izoliraju paronepropusnom izolacijom debljine 18 mm.

Uz dizalicu topline se ugrađuje međuspremnik ogrjevnog/rashladnog vode proizvođača Vaillant, tip allSTOR VPS 300/3, nazivnog volumena 300l, koji hidraulički krug zgrade razdvaja na primarni krug (dizalica topline - međuspremnik) i sekundarni krug (međuspremnik - krugovi potrošača). Osim akumulacije toplinske energije, svrha međuspremnika je da smanjuje se učestalost uključivanja kompresora i osigurava najmanji potrebni protok dizalice topline. Cirkulaciju vode u međukrugu i primarnom krugu omogućuju cirkulacijske frekventne pumpe koje su tvornički ugrađene u dizalicu topline. Cirkulacijske pumpe imaju dovoljne preostale visine dizanja za postizanje projektnih protoka. U sekundarnom grupu su putem razdjelnika/sabirnika, koji se nalazi u strojarnici, odvojene tri grupe potrošača (po jedan krug za svaku vlasničku jedinicu). U svakom krugu potrošača je jedna cirkulacijska pumpa koja omogućuje cirkulaciju ogrjevnog/rashladnog vode od međuspremnika do petlje podnog grijanja. Ugrađene su frekventne cirkulacijske pumpe Grundfos, tip ALPHA2 25-40 180 za krugove poslovnog prostora i stana 1 odnosno Grundfos, tip ALPHA2 25-50 180 za krug stana 2. U svakom krugu potrošača je ispred cirkulacijske pumpe ugrađen troputni mješajući ventil koji služi za postizanje projektne temperature polaza podnog grijanja. Cijevni razvod od strojarnice do pojedinih etaža vođen je u vertikalnom kanalu predviđenom za vođenje instalacija.

U prostorijama su kao ogrjevna odnosno rashladna tijela postavljene petlje podnog grijanja. Predviđen je površinski podni sustav proizvođača UPONOR u mokroj izvedbi, s PE-Xa cijevima dimenzija Ø17x2. Cijevi se na TACKER podlogu od EPS-a pričvršćuju ubodnim pričvršćnicama. Ukupni instalirani ogrjevni učin podnog grijanja iznosi 20,3 kW za temperaturni režim ogrjevnog vode 38/32°C dok je ukupni instalirani učin u režimu hlađenja 9,88 kW za temperaturni režim rashladnog vode 14/18°C. Cijevi polaza odnosno povrata petlje se spajaju na modularni razdjelnik i sabirnik podnog grijanja proizvođača UPONOR, tip

Vario PLUS koji se pomoću montažnog seta smješta u podžbukni razdjelni ormarić proizvođača UPONOR, tip UPONOR UFH. U etaži prizemlja su predviđena dva razdjelna ormarića s modularnim radjelnikom/sabirnikom (7 petlji i 2 petlje) dok je na ostalim etažama predviđen pod jedan razdjelni ormarić modularnim radjelnikom/sabirnikom podnog grijanja (1. kat - 8 petlji, 2. kat - 10 petlji, 3. kat - 5 petlji). Razdjelnici su opremljeni ventilima s priključcima za termopogone koji se povezuju sa sobnim termostatima dok su sabirnici opremljeni s indikatorima protoka. Montažni set za modularne razdjelnike/sabirnike je opremljen se sastoji od nosača, zaporne armature, termometara polaza/povrata i završnih elementa s odzračnim pipcima, slavinom za punjenje i pražnjenje te prenosnice. Sustav je opremljen svom potrebnom zapornom i odzračnom armaturom te sigurnosnim ventilom DN20, nazivnog tlaka otvaranja 3 bar. Za održavanje tlaka u sustavu predviđena je zatvorena membranska ekspanzijska posuda proizvođača IMI PNEUMATEX, tip MN-80, volumena 80 l. Posuda se montira na pod pokraj dizalice topline te se na povratni vod sustava spaja preko jedne spojne cijevi putem tvornički predviđenog priključka na dizalici topline. Također, na spojnu cijev ekspanzijske posude se postavlja i sigurnosni ventil.

Sustav radi u režimu grijanja i režimu hlađenja. Odabrana dizalica topline ima mogućnost rada u režimu hlađenja na pasivni i aktivni način. U aktivnom načinu hlađenja je kompresor u pogon te se rashladni učin ostvaruje putem kružnog procesa s radnom tvari uz korištenje četveroputnog ventila (ventil uzrokuje preokretanje smjera toka radne tvari). Pasivni način rada se koristi u slučaju povoljne temperature podzemne vode te se tada rashladna voda iz sekundarnog kruga zgrade pomoću troputnog prekretnog ventila dovodi direktno na pločasti izmjenjivač u izmjenjivačkom modulu. U pasivnom načinu rada kompresor dizalice topline nije u pogonu. Predviđeno je da se dizalica topline koristi u pasivnom načinu rada osim u slučaju kada temperatura podzemne vode ne omogućuje pokrivanje rashladnog opterećenja zgrade. U tom slučaju se dizalica topline prebacuje na aktivni način rada. Korištenjem pasivnog načina rada ostvaruju se značajne uštede iz razloga što kompresor nije u pogonu. Odabrana dizalica topline je opremljena osjetnicima koji prate sve potrebne veličine kružnog procesa, presostatima visokog i niskog tlaka radne tvari te osjetnicima tlaka kruga zgrade i međukruga koji se koriste kao zaštita od pada tlaka uslijed gubitka vode. Također, integriran je višestupanjski električni grijač, nazivne snage 9 kW, za povećanje temperature polaznog voda dizalice topline prilikom zagrijavanja PTV-a. Integrirani prekretni troputni ventil

preusmjerava vodu u primarnog krugu na gornji izmjenjivač u bivalentnom spremniku PTV-a za režim zagrijavanja PTV-a.

Regulacija krugova potrošača unutar kruga zgrade u režimu grijanja i hlađenja predviđena je korištenjem regulacije podnog grijanja proizvođača UPONOR, tip Smatrix Wave PLUS. Predviđa se korištenje zasebne regulacije podnog grijanja za svaku vlasničku cijelinu. Regulacija podnog grijanja se sastoji od digitalnih sobnih termostata, kontrolera, termopogona za regulacijske ventile i korisničkog sučelja. Sve komponente regulacijskog sustava su povezane bežično putem radiosignala. Kontroleri se žičano povezuju s centralnom regulacijom dizalice topline. Digitalni sobni termostati su opremljeni osjetnicima temperature i vlage kao i osjetnicima temperature poda. Temperatura zraka u prostorijama se regulira promjenom protoka u petljama podnog grijanja/hlađenja zatvaranjem ili otvaranjem ventila. Razdjelnici podnog grijanja su opremljeni ventilima na koje su postavljeni termopogoni odnosno tropoložajni aktuatori. Tropoložajni aktuatori su zapravo vrsta dvopoložajne regulacije sa sporim odzivom. Kada se stvarna temperatura zraka u prostoriji spusti ispod postavne temperature, sobni termostati šalju signal kontrolerima koji tada počinju otvaranje ventila u petljama podnog grijanja predmetne prostorije. Kada se se postigne vrijednost postavne temperature, ventil se zautavlja u zatečenom položaju. Ventili počinju sa zatvaranjem kada stvarna temperatura u prostoriji postane viša od postavne temperature. U režimu hlađenja, zaštita od kondenzacije vlage je omogućena stalnim mjerenjem temperature zraka, relativne vlažnosti zraka i površinske temperature poda. Trajno zatvaranje petlji podnog grijanja u kupaonicama i vešerajima za režim hlađenja omogućeno je na korisničkom sučelju. Također, korisničko sučelje omogućuje programiranje tjednog režima grijanja/hlađenja prostorija.

Dizalica topline je opremljena centralnom regulacijom multiMATIC 700 vođenom prema vanjskim uvjetima. Na temelju vanjske temperature, koja se mjeri putem vanjskog osjetnika smještenog na sjevernom pročelju zgrade, regulacija određuje temperaturu polaznog voda dizalice topline. Snižavanjem vanjske temperature, regulacija povišuje temperaturu polaznog voda dok se s povišenjem vanjske temperature, temperatura polaznog voda dizalice topline snižava. Osjetnik vanjske temperature se postavlja na način da nije neposredno izložen sunčevom zračenju. Dizalica topline nema mogućnost moduliranja ogrjevnog/rashladnog

učina za određenu temperaturu polaznog voda. Radom kompresora dizalice topline upravljaju dva osjetnika temperature u međuspremniku. Jedan osjetnik je smješten u gornjem dijelu dok se drugi nalazi u donjem dijelu spremnika. Kompresor se uključuje kada temperatura u gornjem dijelu spremnika snizi ispod postavljene temperature polaznog voda kruga potrošača. Kompresor se isključuje kada temperatura u donjem spremniku postane jednaka postavljenoj temperaturi polaznog voda kruga potrošača. Polaznu temperaturu krugova potrošača zgrade regulira hidraulički modul VR71. Hidraulički modul upravlja cirkulacijskim pumpama krugova potrošača, troputnim mješajućim ventilima, osjetnikom temperature polaznog voda kruga potrošača i osjetnikom granične polazne temperature. Kako dizalica topline nema mogućnost moduliranja ogrjevnog/rashladnog učina za određenu temperaturu polaznog voda, temperatura vode u međuspremniku će se razlikovati od projektnih vrijednosti. Postizanje projektnih temperatura polaznog voda kruga potrošača u režimu grijanja odnosno hlađenja, omogućavaju troputni mješajući ventili. Hidraulički modul VR71 se, kao i potopna bunarska pumpa, povezuje s centralnom regulacijom multiMATIC 700. Osjetnici temperature podzemne vode služe za odabir između pasivnog i aktivnog načina hlađenja.

## 10.2. Priprema PTV-a

Za zagrijavanje PTV-a koristi se akumulacijski sustav s bivalentnim spremnikom proizvođača Horvatić, tip DUOSTAR R2 750, nazivnog volumena 750 l, koji ima dva izmjenjivača topline. Donji izmjenjivač se koristi za zagrijavanje PTV-a putem pločastih solarnih kolektora proizvođača Vaillant, tip auroTHERM VFK 145 H, koji su smješteni na ravnom krovu zgrade, orijentirani južno pod nagibom od 30 °. Kolektorsko polje se sastoji od pet paralelno spojenih kolektora ukupne površine apsorbera 11,75 m<sup>2</sup>. Gornji izmjenjivač se koristi za dogrijavanje dizalicom topline. Cjevovodi solarnog kruga su od bakrenih cijevi, toplinski izolirani paronepropusnom izolacijom debljine 23 mm. Cirkulaciju solarne tekućine unutar solarnog kruga omogućuje solarna cijevna grupa proizvođača Vaillant, tip auroFLOW VMS 70. Solarna cijevna grupa se sastoji od frekventne cirkulacijske pumpe, slavina za punjenje/pražnjenje, slavine za odzračivanje, pokazivača protoka i temperature, nepovratnog ventila i sigurnosnog ventila. Na solarnu grupu je za održavanje tlaka u solarnom sustavu predviđena zatvorena ekspanzijska membranska posuda proizvođača ELBI, tip DS-35, volumena 35 l. Solarni sustav je dimenzioniran na način da pokriva 65% godišnje potrebe za PTV-om, uz pokrivanje cjelokupne potrebe za vrijeme ljetnih mjeseci. Temperatura PTV-a

unutar spremnika je 60°C dok se na izljevnim mjestima putem termomješajućeg ventila osigurava topla voda temperature 40°C.

Za regulaciju sustava pripreme PTV-a predviđen je solarni regulator proizvođača Vaillant, tip auroMATIC 570, koji se spaja s centralnom regulacijom dizalice topline. Regulator upravlja cirkulacijskom pumpom solarne cijevne grupe pomoću dva osjetnika temperature od kojih je jedan smješten u donjem dijelu spremnika PTV-a, a drugi u polaznom vodu iz solarnih kolektora. Regulator prati temperaturu kolektora i temperaturu vode u spremniku te uključuje cirkulacijsku pumpu kada je vrijednost razlike tih dviju temperatura. Kada je razlika temperature veća od postavljene vrijednosti od 7°C, regulator uključuje cirkulacijsku pumpu. Cirkulacijska pumpa se isključuje kada se razlika temperature smanji ispod postavljene vrijednosti od 3°C. Kada sunčeva energija nije dovoljna za postizanje odgovarajuće temperature u spremniku, za dogrijavanje se koristi dizalica topline. Dogrijavanje ovisi o vrijednosti temperature gornjeg dijela bivalentnog spremnika, koju pokazuje temperaturni osjetnik povezan s centralnom regulacijom dizalice topline.

### 10.3. Ventilacija

Za održavanje odgovarajuće kvalitete zraka u prostorijama je predviđen sustav lokalne mehaničke ventilacije s povratom energije iz istrošenog zraka. Potrebni protoci zraka po prostorijama su određeni na temelju preporučenih vrijednosti protoka zraka po osobi te ukupni potrebni protok za zgradu iznosi 750 m<sup>3</sup>/h. U prostorijama se ugrađuju kompaktni lokalni ventilacijski uređaji proizvođača LUNOS, tip TF160, nazivne dobave 30 m<sup>3</sup>/h (za 2. brzinu vrtnje ventilatora). Uređaji se ugrađuju u cilindrične prodore Ø160 na vanjskih zidovima te su opremljeni aksijalnim trobrzinskim ventilatorima. Mjenjanjem smjera vrtnje reverzibilnih ventilatora u naizmjeničnim intervalima od 70 s, omogućuje se povrat topline akumulirane u keramičko-kompozitnoj jezgri po regenerativnom principu.

Regulacija ventilacijskih uređaja je predviđena spajanjem na centralni regulator. Centralni regulator omogućuje programiranje dnevnog režima korištenja kao i određivanje brzine vrtnje ventilatora. Uređaji koji su na suprotnim pročeljima zgrade naizmjenično mijenjaju smjer protoka putem centralnog regulatora kako bi se ostvarila što bolja distribucija zraka po

etažama. Vrata između prostorija je potrebno skratiti na donjem bridu kako bi se omogućilo nesmetano strujanje zraka čak i kada su vrata zatvorena.

U prostorijama koji ne graniče s vanjskim prostorom predviđena je lokalna odsisna ventilacija. Odabrani su zidni trobrzinski ventilatori proizvođača LUNOS, tip Silvento 3AP, nazivne dobave  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  (za 2. brzinu vrtnje ventilatora). Odsisni ventilatori odводе zrak iz prostorija putem ventilacijskih vertikalica PVC Ø 100 mm koje završavaju na krovu zgrade. Na vrata prostorija s odsisnim ventilatorima ugrađuju se prestrujne rešetke na dnu vrata kao proizvod Klimaoprema, tip OAS-R, dimenzija 425x125mm. Odsisni ventilatori počinju sa radom pri paljenju rasvjete u prostoriji dok se isključuju nekoliko minuta nakon što se rasvjeta ugasi.

#### **10.4. Mjerenje potrošnje energije i vode**

Za mjerenje potrošnje hladne i tople sanitarne vode predviđeno je postavljanje protokomjera na glavni vod tople odnosno hladne vode za svaku vlasničku cijelinu.

Mjerenje potrošnje toplinske energije predviđeno je na način da se postave kalorimetri na svaki krug potrošača nakon razdjelnika/sabirnika u strojarnici te kalorimetar na vod od dizalice topline do spremnika PTV-a. Predviđeno je da kotlovnica ima zasebno brojilo električne energije. Troškovi električne energije za grijanje/hlađenje će se raspodijeliti se na temelju udjela toplinske energije za grijanje/hlađenje pojedine vlasničke cijeline u ukupnoj potrošnji toplinske energije ( grijanje/hlađenje + PTV). Preostali udio električne energije, koji je korišten za zagrijavanje PTV-a, se raspodjeljuje s obzirom na udio potrošnje sanitarne tople vode pojedine vlasničke cijeline u ukupnoj potrošnji sanitarne tople vode.

## 11. ZAKLJUČAK

U ovom radu je projektiran sustav grijanja, hlađenja, pripreme potrošne tople vode i ventilacije stambeno-poslovne zgrade smještene na području Zagreba te su prilikom izrade projektnog rješenja sustava poštivani svi važeći zakoni, tehnički pravilnici i norme. Prilikom odabira komponenti sustava, posebna pažnja je posvećena na optimalno dimenzioniranje tehničke opreme kako bi se omogućilo postizanje odgovarajuće toplinske ugodnosti unutar zgrade uz istovremenu visoku energetske učinkovitost i funkcionalnost sustava. Sustavi grijanja/hlađenja s dizalicom topline i solarnim kolektorima kao obnovljivim izvorima energije, pridonose smanjenju emisije stakleničkih plinova i potrošnje primarne energije. Projektirani solarni sustav pripreme potrošne tople vode na razini godine podmiruje 65% energetskih potreba za zagrijavanje tople vode iz obnovljive energije sunca dok se prema [24] korištenjem dizalice topline na godišnjoj razini približno 80% energije za grijanje i hlađenje zgrade dobiva iz podzemne vode. S obzirom na način rada dizalice topline, navedeni sustavi su izrazito pogodni za korištenje niskotemperaturnih režima grijanja odnosno visokotemperaturnih režima hlađenja kojima se značajno smanjuju gubici i povećava korisnost cijelog sustava uz visoku razinu toplinske ugodnosti. Općenito, sustavi s obnovljivim izvorima energije imaju visoke investicijske troškove, ali značajno manje pogonske troškove u odnosu na konvecionalne sustave. Uz subvencije za korištenje obnovljivih izvora energije, period povrata investicije za takve sustave može biti prihvatljiv za investitora. Također, ovim radom je predviđeno korištenje cirkulacijskih pumpi s frekventnom regulacijom koja se prilagođuje promjenama opterećenja u sustavu te time ostvaruje značajne uštede u potrošnji električne energije. S obzirom na način gradnje modernih niskoenergetskih zgrada i nisku zrakopropusnost ovojnice, korištenje ventilacije s povratom topline iz iskorištenog zraka je optimalan način osiguravanja visoke kvalitete zraka na energetski učinkovit način. Sustavi koji su projektirani ovim radom tijekom pogona ostvaruju značajne energetske, ekološke i ekonomske uštede u odnosu na konvecionalne sustavu. Međutim, glavni razlog koji zasad spriječava da takvi sustavi postanu standard u novogradnji su visoki investicijski troškovi. Predviđa se smanjivanje investicijskih troškova u bližoj budućnosti uslijed sve većeg broja proizvođača na tržištu, kao i povećanje ušteda uslijed stalnog rasta cijena fosilnih goriva.

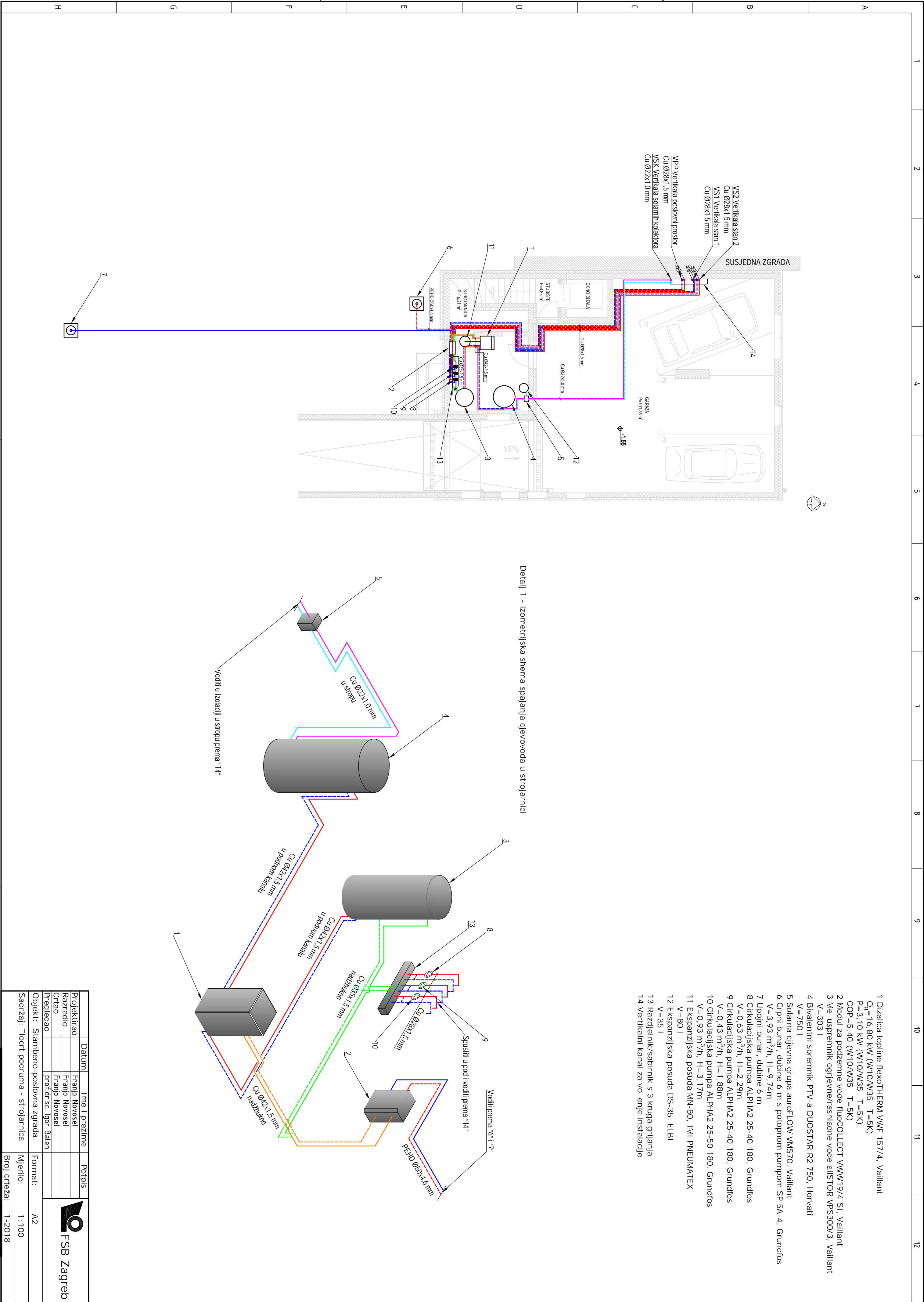
## LITERATURA

- [1] Balen, I.: Podloge za predavanje iz kolegija "Grijanje" i "Klimatizacija", Zagreb
- [2] Thermal comfort, INNOVA Air Tech Instruments A/s, Danska, 1997.
- [3] [www.fzoeu.hr](http://www.fzoeu.hr)
- [4] [http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=Glavna\\_stranica](http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=Glavna_stranica)
- [5] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: Studija primjenjivosti alternativnih sustava, 2014.
- [6] Labudović, Paić, Vuk: Priručnik za grijanje, Energetika marketing, 2005.
- [7] Soldo, V.: Podloge za predavanje iz kolegija "Projektiranje rashladnih sustava", Zagreb, 2015.
- [8] Majdandžić, Lj. : Obnovljivi izvori energije, Zagreb, 2008.
- [9] <https://www.vaillant.hr/krajnji-korisnici/>
- [10] [www.kht-dresden.de](http://www.kht-dresden.de)
- [11] [www.pipelife.hr](http://www.pipelife.hr)
- [12] [www.uponor.hr](http://www.uponor.hr)
- [13] [www.viessmann.hr](http://www.viessmann.hr)
- [14] [www.mcsolar.hr](http://www.mcsolar.hr)
- [15] Skupina autora: Priručnik za energetska certificiranje zgrada, 2010
- [16] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN128/15, 2015
- [17] Dović, D.: Obnovljivi izvori energije – Uporaba sunčeve energije u termotehničkim sustavima, Zagreb, 2012.
- [18] [www.horvatic.hr](http://www.horvatic.hr)
- [19] [www.elbi.net](http://www.elbi.net)
- [20] Skupina autora: Osnove primjene dizalica topline, Energetika marketing, 2009.
- [21] [www.grundfos.hr](http://www.grundfos.hr)
- [22] [www.IMI-hydronic.com](http://www.IMI-hydronic.com)
- [23] [www.lunos.hr](http://www.lunos.hr)
- [24] Fraunhofer ISE: Heat pump efficiency – Analysis and evaluation of heat pump efficiency in real-life conditions, Freiburg, 2011



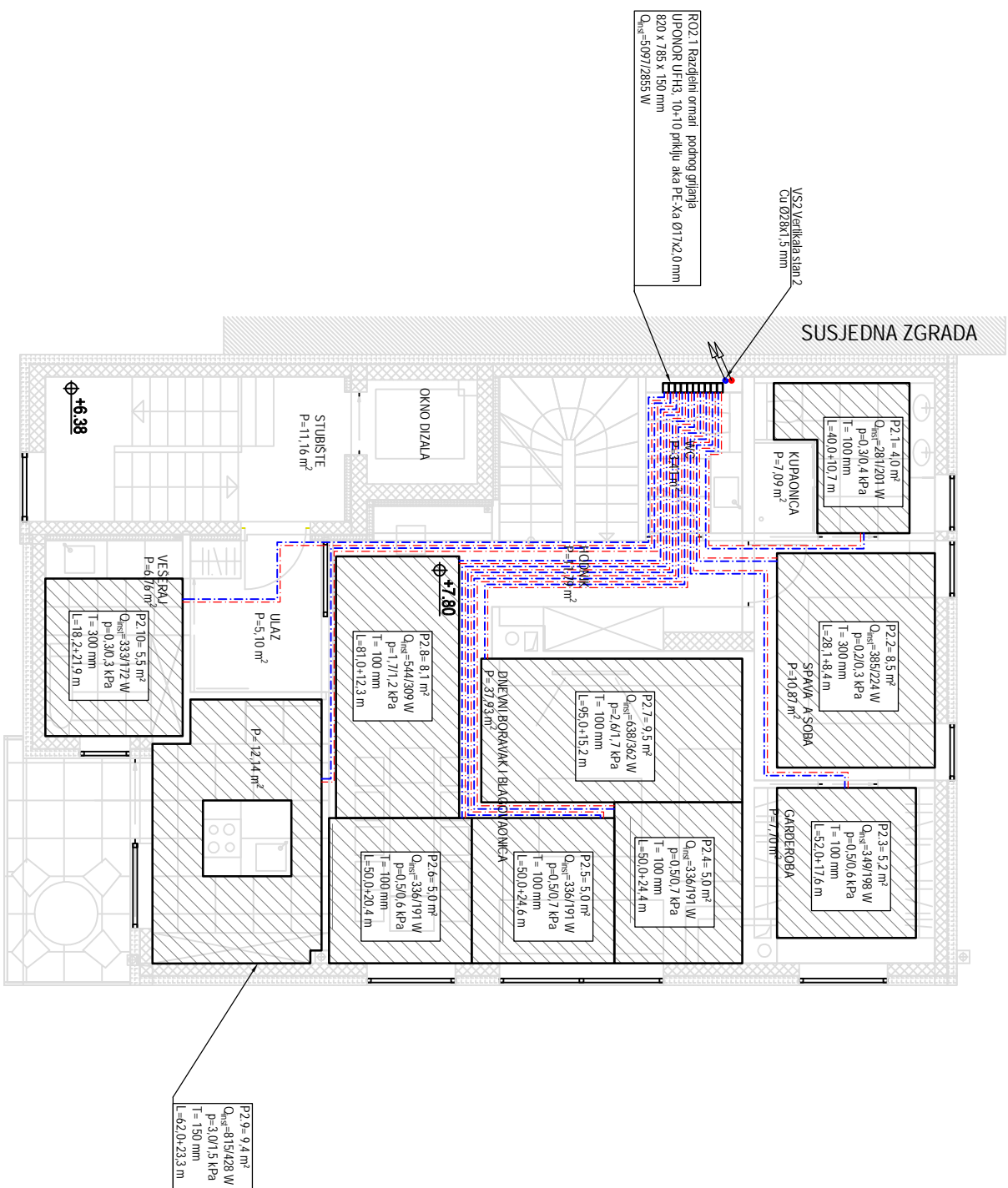
## **PRILOZI**

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija









- petlja podnog grijanja (pužna)

Napomena:

- spojne cijevi petlje podnog grijanja

## Oznake podnog grijanja

P-površina petlje podnog grijanja

O<sub>inst</sub>-instalirani u in petlje grijanje/hla enje

p-pad tlaka u petlji grijanje/hlađenje

T-razmak izme u cijevi u petlji


L-dujina petlje u prostori + duljine spojnih cijevi

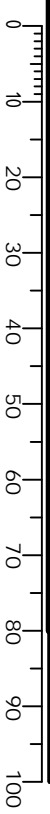
Temperaturni režim podnog grijanja/hlađenja

- grijanje: 38/32°C
- hlađenje: 14/18°C

Unutarinja projektna temperatura grijanje/hla enje

- sve prostorije osim kupaoonica: 20/26 °C
- kupaonice: 24/26 °C

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		Franjo Novosel		
Razradio		Franjo Novosel		
Crtao		Franjo Novosel		
Pregledao				
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada			Format:	A3
Sadržaj: Tlocrt 2. kata - podno grijanje/hla enje			Mjerilo:	1:100
			Broj crteža:	4-2018







1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

C

D

E

F



SUSJEDNA ZGRADA

VSK Vertikalni solarnih kolektora  
Cu Ø22x1,0 mm

Cu Ø22x1,0 mm

Plo. asti solarni kolektori, 5 kom  
Valijan VKK 145 H  
 $A_{\text{pov}} = 2,35 \text{ m}^2 \times 5 = 11,75 \text{ m}^2$   
1233 x 2033 x 80mm  
m=38 kg

Polazni vod - solarni sustav  
Povratni vod - solarni sustav

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		Franjo Novosel		
Razradio		Franjo Novosel		
Crtao		Franjo Novosel		
Pregledao				
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada			Format:	A3
Sadržaj: Tlocrt krovnih ploha - solarni kolektori			Mjerilo:	1 : 100
			Broj crteža:	6-2018



- 1 Dizalica topline flexoTHERM VWF 157/4, Vaillant  
 $Q_g=16,80\text{ kW}$  (W10/W35  $T=5K$ )  
 $P=3,10\text{ kW}$  (W10/W35  $T=5K$ )  
 $COP=5,40$  (W10/W35  $T=5K$ )

2 Moduli za podzemne vode fluoCOLLECT VWW19/4 SI, Vaillant

3 Me uspremnik ogrevne/rashladne vode allSTOR VPS300/3, Vaillant  
 $V=303\text{ l}$

4 Bivalentni spremnik PTV-a DUOSTAR R2 750, Horvati  
 $V=750\text{ l}$

5 Plo asiti solarni kolektori VFK 145H , Vaillant, 5 kom  
 $A_{aps}=2,35\text{ m}^2 \times 5=11,75\text{ m}^2$

6 Solarna cjevna grupa auroFLOW VWS70, Vaillant

7 Potopna pumpa SP 5A-4, Grundfos  
 $V=3,93\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=9,74\text{ m}$

8 Cirkulacijska pumpa ALPHA2 25-40 180, Grundfos  
 $V=0,63\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=2,29\text{ m}$

9 Cirkulacijska pumpa ALPHA2 25-40 180, Grundfos  
 $V=0,43\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=1,88\text{ m}$

10 Cirkulacijska pumpa ALPHA2 25-50 180, Grundfos  
 $V=0,93\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=3,17\text{ m}$

11 Ekspanzijska posuda MN-80, IMI PNEUMATEX  
 $V=80\text{ l}$

12 Ekspanzijska posuda DS-35, ELBI  
 $V=35\text{ l}$

13 Podzbučni ormari UFH2, UPONOR

14 Modularni razdjelnik/sabirnik podnog grijanja Vario PLUS, 7 petlji

15 Podzbučni ormari UFH1, UPONOR

16 Modularni razdjelnik/sabirnik podnog grijanja Vario PLUS, 2 petlje

17 Podzbučni ormari UFH2, UPONOR

18 Modularni razdjelnik/sabirnik podnog grijanja Vario PLUS, 8 petlji

19 Podzbučni ormari UFH3, UPONOR

20 Modularni razdjelnik/sabirnik podnog grijanja Vario PLUS, 10 petlji

21 Podzbučni ormari UFH1, UPONOR

22 Modularni razdjelnik/sabirnik podnog grijanja Vario PLUS, 5 petlji

23 Regulator multiMATIC 700, Vaillant

24 Hidrauli ki moduli VR71, Vaillant

25 Regulator auroMATIC 570, Vaillant

26 Centralno su elje Smatrix Wave PLUS

27 Kontroler Smatrix Wave PLUS

28 Digitalni sobni termostat Smatrix Wave PLUS

29 Kalorimetar

30 Protokomjer

31 Crpni bunar

32 Upojni bunar

33 Betonski šaht

34 Zaporni ventili

35 Troputni miješaju i ventili

36 Troputni razdjelni ventili

37 Sigurnosni ventili

38 Hvata ne isto e

39 Nepovratni ventili

40 Automatski odzra ni ventili

41 Slavina za punjenje/praznjenje

42 Odvod

43 Manometar

44 Termometar

45 Manometar/termometar

46 Osjetnik temperature

47 Sigurnosni grani nik temperature polaza

48 Osjetnik vanjske temperature

49 Filter

50 Termopogon

51 Termomiješaju i ventili

52 Recirkulacijska pumpa

53 Vodovodni ventili

54 Redukcijski ventili

55 Ekspanzijska posuda

56 Plo asiti izmjenjiva

57 Crikulacijska pumpa

58 Kompresor

59 etveroputni prekretni ventili

60 Prigušni ventili

61 Elektri ni grlja  $9\text{ kW}$

62 Razdjelnik/sabirnik s 3 kruga grijanja
- 
- Polazni vod - sustav grijanja/hla enja

Povratni vod - sustav grijanja/hla enja

Polazni vod - solarni sustav

Povratni vod - solarni sustav

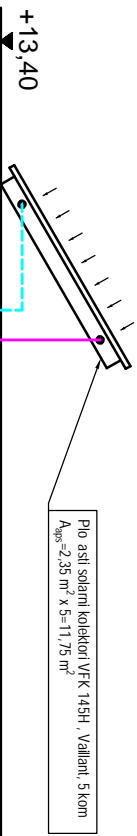
Vod potrošne tople vode

Recirkulacijski vod

Regulacija
- Temperaturni režim podnog grijanja/hla enja  
- grijanje: 38/32°C  
- hla enje: 14/18°C
- | Datum  | Ime i prezime          | Potpis |
|--|------------------------|--------|
| Projektirao  | Franjo Novosel         |        |
| Razradio   | Franjo Novosel         |        |
| Crtao  | Franjo Novosel         |        |
| Pregledao  | prof.dr.sc. Igor Balen |        |
| Objekt: Stambeno-poslovna zgrada                   | Format: A2             |        |
| Sadržaji: Funkcionalna shema spajanja i regulacije | Mjerilo: -             |        |
|  | Broj crteža: 7-2018    |        |
-

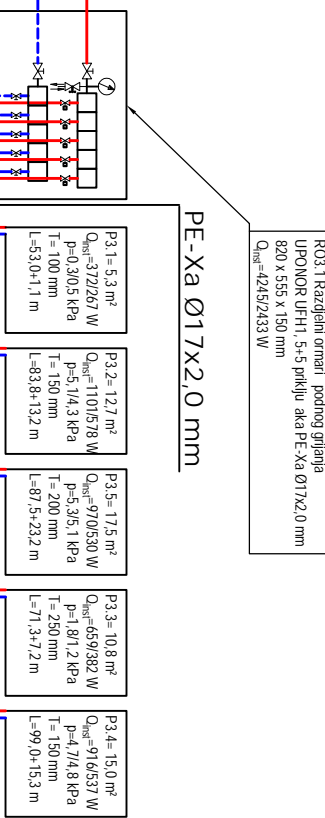


Krov



RO3: Izračunati snaga podnog grijanja  
1000KOR UFI13, 10-10 priključak, saka PE-Xa Ø17x2,0 mm  
820 x 555 x 150 mm  
 $Q_{\text{kor}} = 42452,833 \text{ W}$

PE-Xa Ø17x2,0 mm

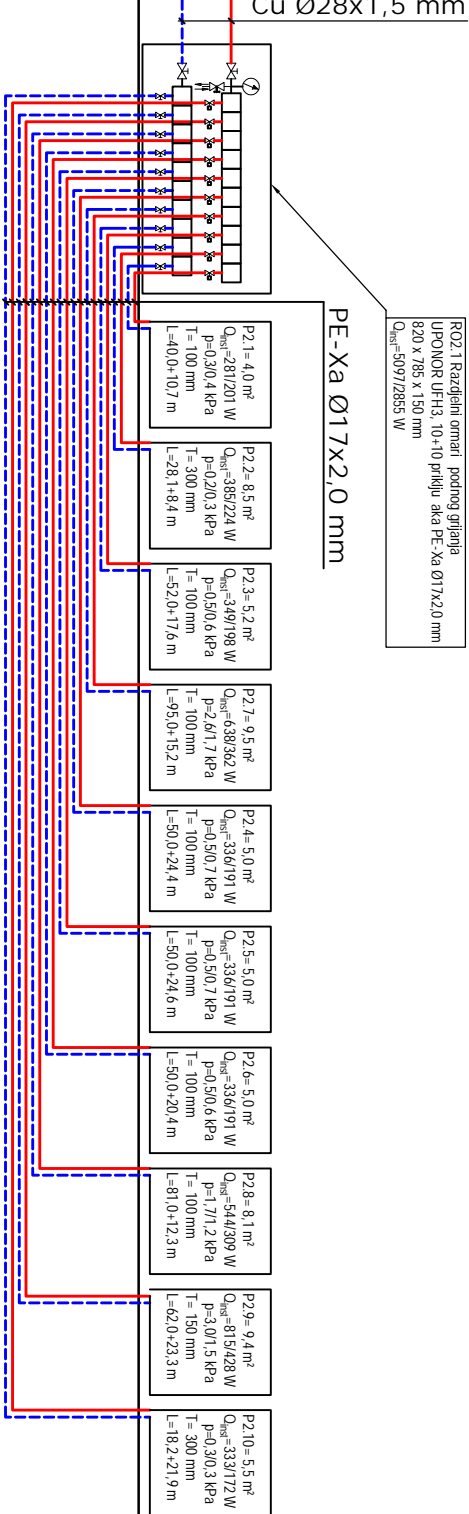


3. kat

+10,95

RO2: Izračunati snaga podnog grijanja  
1000KOR UFI13, 10-10 priključak, saka PE-Xa Ø17x2,0 mm  
820 x 555 x 150 mm  
 $Q_{\text{kor}} = 40970,065 \text{ W}$

PE-Xa Ø17x2,0 mm

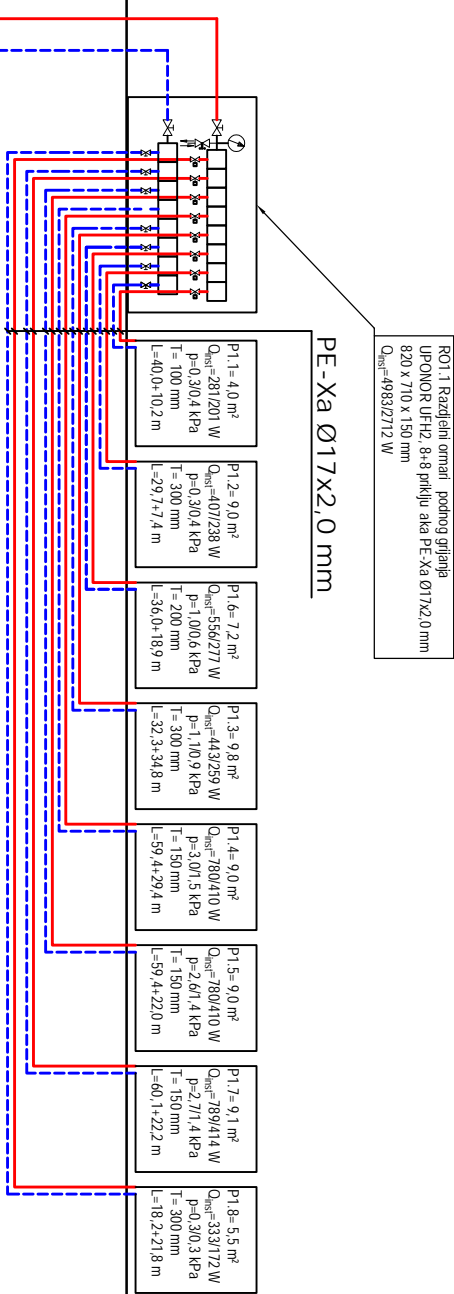


2. kat

+7,80

RO1: Izračunati snaga podnog grijanja  
1000KOR UFI12, 8-8 priključak, saka PE-Xa Ø17x2,0 mm  
820 x 770 x 150 mm  
 $Q_{\text{kor}} = 69820,712 \text{ W}$

PE-Xa Ø17x2,0 mm

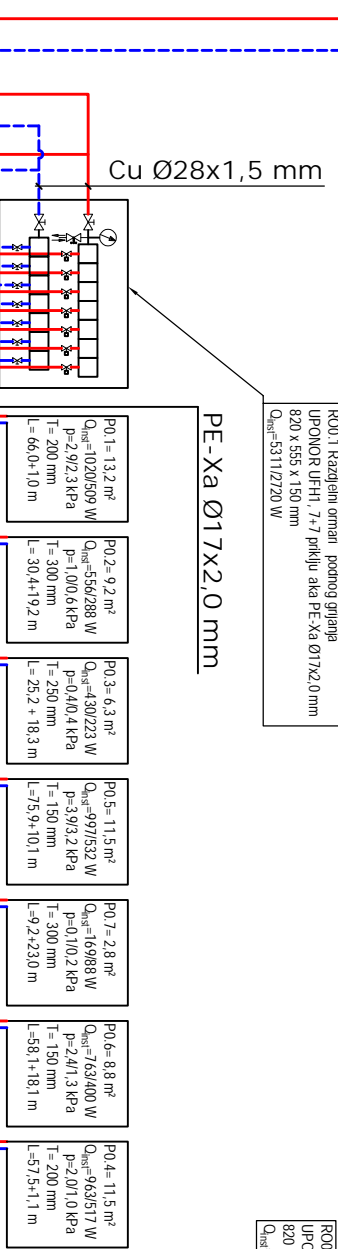


1. kat

+4,80

RO2: Izračunati snaga podnog grijanja  
1000KOR UFI12, 8-8 priključak, saka PE-Xa Ø17x2,0 mm  
820 x 555 x 150 mm  
 $Q_{\text{kor}} = 67979,90 \text{ W}$

PE-Xa Ø17x2,0 mm



Prizemlje

+1,20

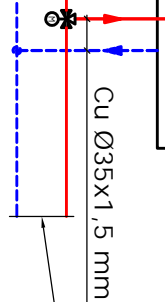
Prema solarnoj cjevnoj grupi autotFLOW VMS70

prema me uspremniku aluISTOR VPS300/3

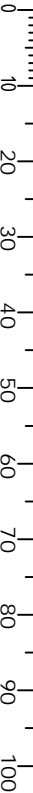
Podrum

-1,55

prema modulu za podzemne vode fluoCOLLECT WWV 19/4 SI

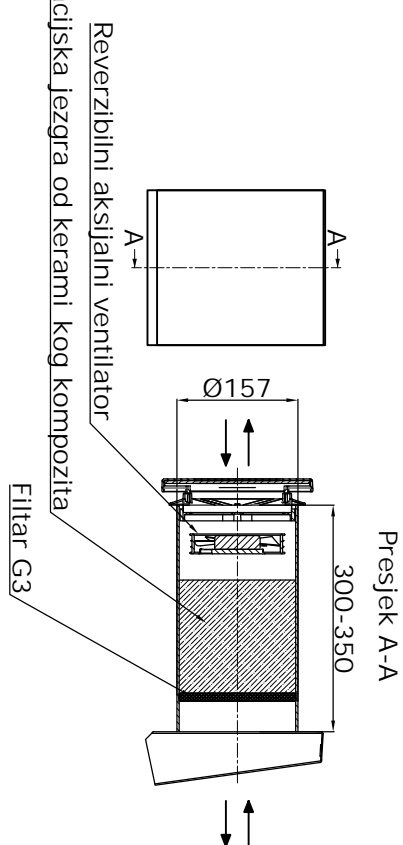


Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	Fraňjo Novosel	
Razradio	Fraňjo Novosel	
Crtao	Fraňjo Novosel	
Pregledao		
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada		Format: A2
Sadržaji: Shema usponskih vodova		Mjerilo: -
		Broj crteža: 8-2018

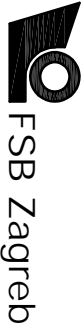


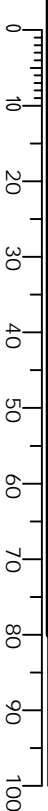


Detailj 1 - shematski prikaz ventilacijskog ure aja TF160, LUNOS  
M1:10



Ventilacijski ure aj  
TF160, LUNOS  
V = 30 m³/h  
P = 3,96 W

Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	Franjo Novosel		
Razradio	Franjo Novosel		
Crtao	Franjo Novosel		
Pregledao	prof.dr.sc. Igor Balen		
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada			Format: A3
Sadržaj: Tlocrt prizemlja - ventilacija		Mjerilo: 1:100	Broj crteža: 9-2018



1

2

3

4

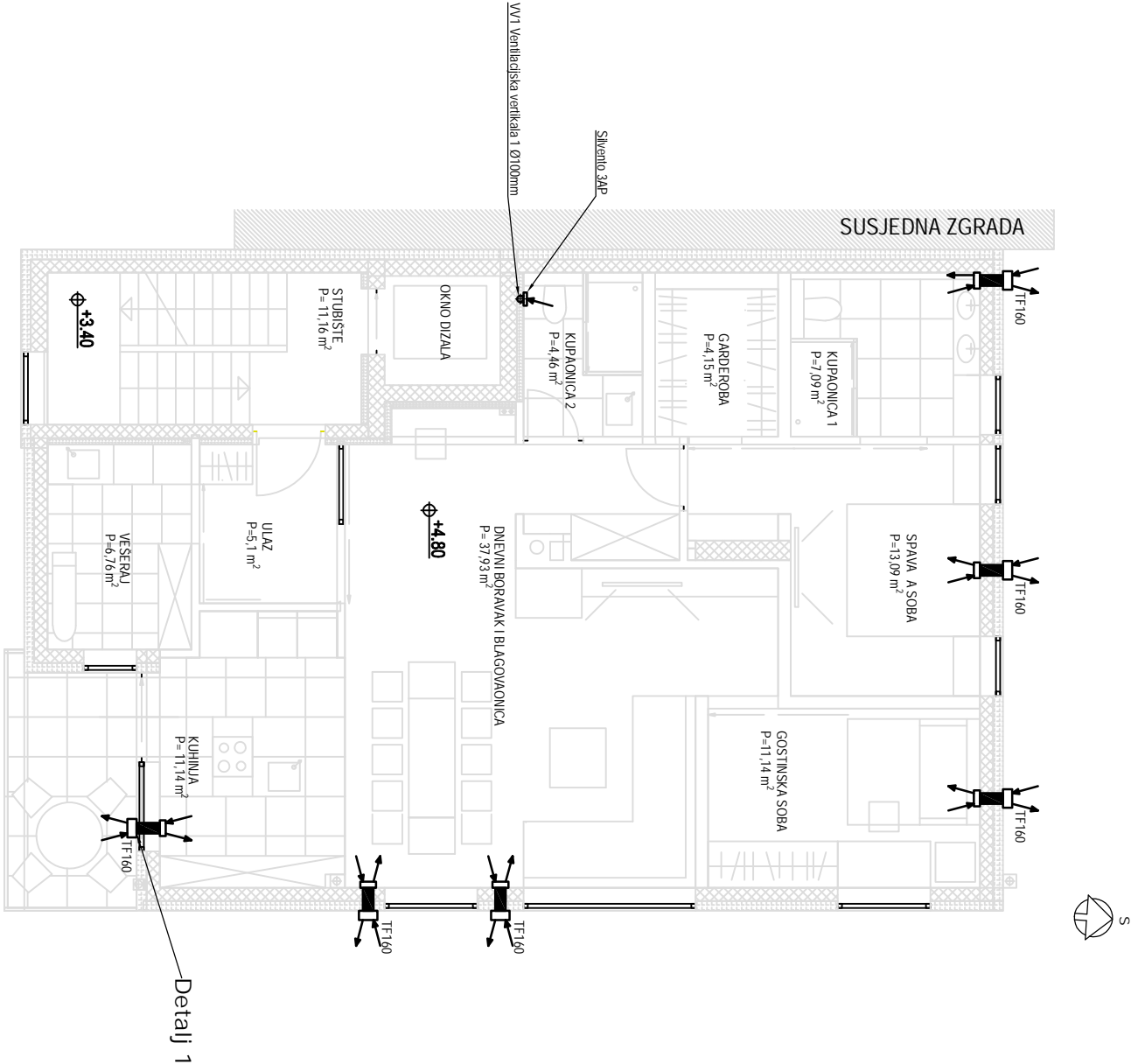
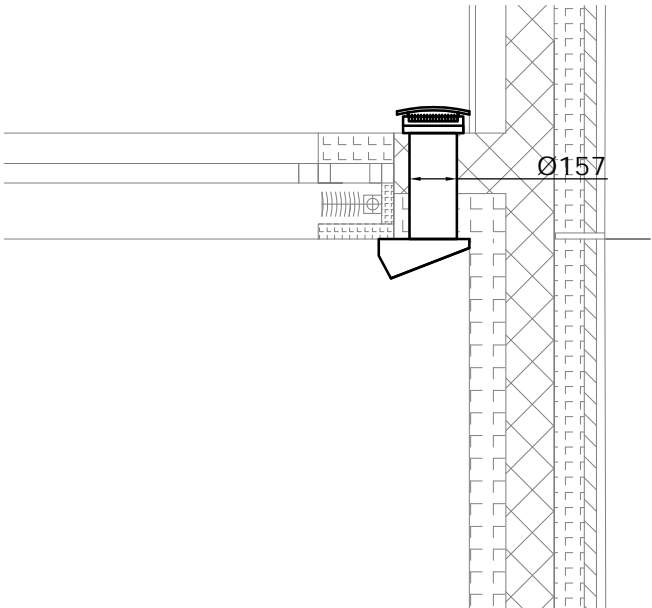
5

6

7

8

Detalj 1 - ugradnja ventilacijskog ure aja iznad prozora  
M1: 25

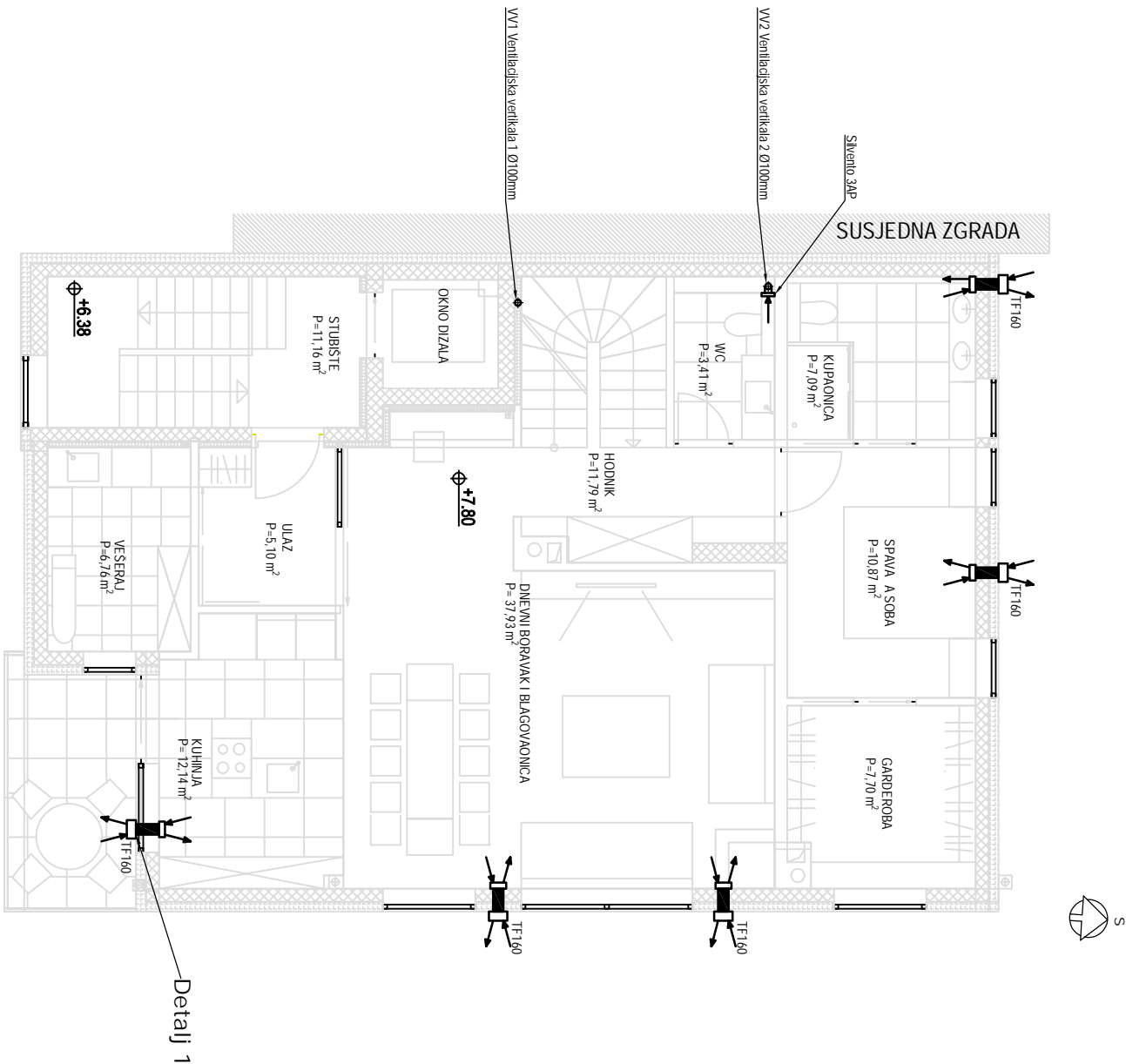


Odsisni zidni ventilator  
Silvento 3AP, LUNOS  
V = 30 m<sup>3</sup>/h  
P = 4,90 W

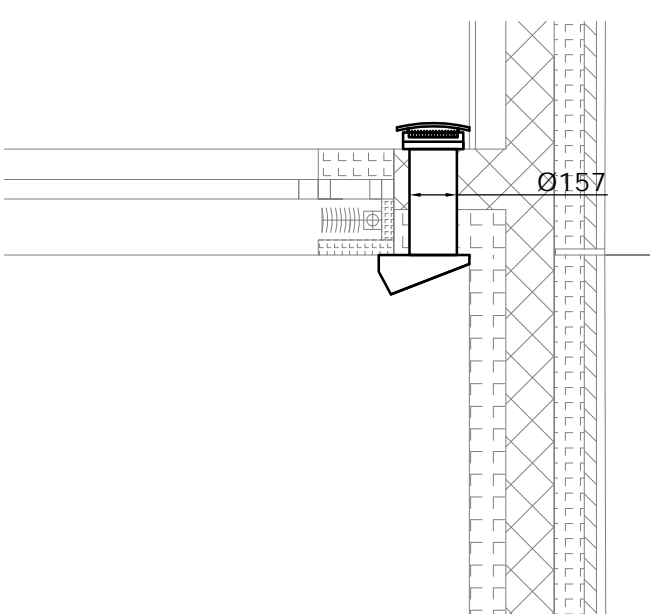
Ventilacijski ure aj  
TF160, LUNOS  
V = 30 m<sup>3</sup>/h  
P = 3,96 W

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		Franjo Novosel		
Razradio		Franjo Novosel		
Crtao		Franjo Novosel		
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen		
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada		Format:	A3	
Sadržaj: Tlocrt 1. kata - ventilacija		Mjerilo:	1 : 100	
		Broj crteža:	10-2018	



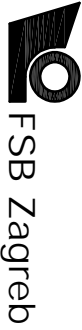


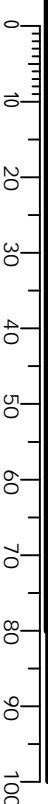
Detalj 1 - ugradnja ventilacijskog  
ure aja iznad prozora  
M1:25

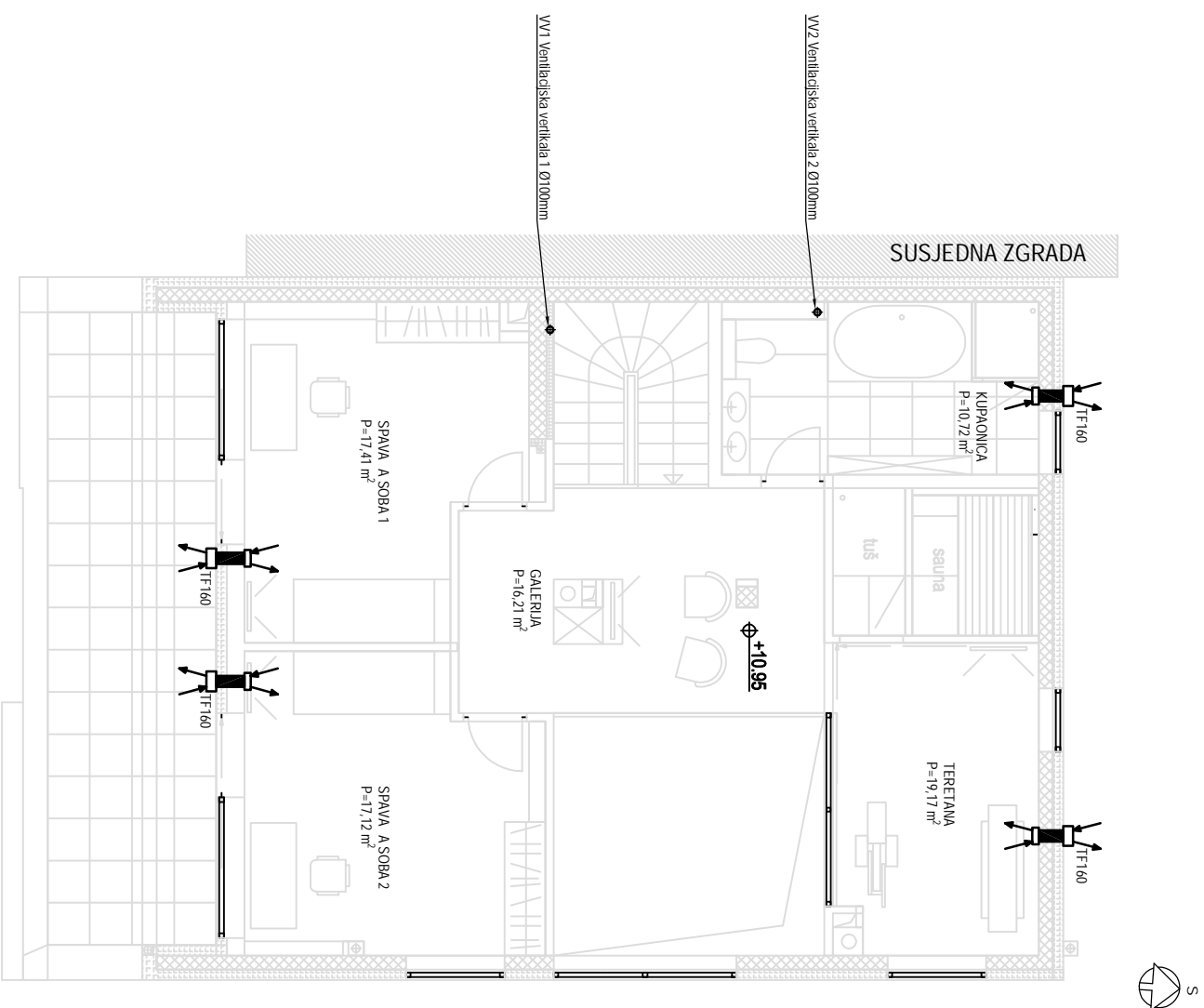


Odsisni zidni ventilator  
Silvento 3AP, LUNOS  
V = 30 m<sup>3</sup>/h  
P = 4,90 W

Ventilacijski ure aj  
TF160, LUNOS  
V = 30 m<sup>3</sup>/h  
P = 3,96 W

Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	Franjo Novosel		
Razradio	Franjo Novosel		
Crtao	Franjo Novosel		
Pregledao	prof.dr.sc. Igor Balen		
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada			Format: A3
Sadržaj: Tlocrt 2. kata - ventilacija		Mjerilo: 1:100	
		Broj crteža: 11-2018	





## Ventilacijski ure aj

TF160, LUNOS

$$V = 30 \text{ m}^3/\text{h}$$

$P = 3,96 \text{ W}$

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Franjo Novosel	
Razradio		Franjo Novosel	
Crtao		Franjo Novosel	
Pregledao			
Objekt: Stambeno-poslovnna zgrada			Format: A3
Sadržaj: Tlocrt 3. kata - ventilacija			Mjerilo: 1:100
Broj crteža: 12-2018			

